



La conception architecturale comme vecteur de valorisation du bois de feuillu en Wallonie



Le bois de nos forêts, une ressource trop peu valorisée ?

La conception architecturale comme vecteur de valorisation du bois de feuillu en Wallonie

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier les personnes qui ont rendu possible l'aboutissement de ce travail de fin d'études. En particulier envers :

ma promotrice, Mme. Pascaline Faux, qui m'a accompagné de ses bons conseils durant ces trois années de recherches ;

mon expert, M. Pierre-Antoine Cordy, pour son regard avisé, ses contacts et ses conseils qui m'ont guidé dans le développement de ce travail ;

les enseignants de l'atelier TEP, pour avoir suivi et contribué au bon développement du projet. Mais aussi les enseignants de l'atelier FAIR-E, pour la richesse de leur enseignement qui m'a apporté de bonnes bases pour ma théorie ;

les acteurs de la filière qui m'ont accordé de leur temps et leur savoir lors des événements : « Salon de l'habitat » sur Tournai et « Bois et Habitat » de Namur .

Ensuite, je souhaite remercier l'ensemble de mes proches, famille et amis, qui ont permis l'aboutissement de ce travail. En particulier :

mes parents pour leur soutien qu'ils m'apportent depuis toujours ;

ma compagne pour son implication personnelle au bon déroulement du mémoire ;

Mes amies, Elsa et Laurie, pour leur soutien, leurs avis et surtout pour m'avoir accompagné dans cette aventure ces dernières années ;

Et enfin, un remerciement à M. Kubicki, professeur d'histoire qui, au détour d'un escalier, m'a aidé lors de la réorientation de mon parcours scolaire afin que je trouve ma voie : l'architecture.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements.....	5
Préambule	9
Introduction	10
Partie I: Un non-sens écologique	13
Etat de l'art de la construction en Wallonie	14
Son histoire	14
La tendance générale	16
Les déchets en Wallonie	18
Etat de l'art de la filière bois wallonne	20
La filière hier	20
La filière aujourd'hui	22
Synthèse des constats	24
Problématique et question de recherche	24
Partie II: Une ressource au potentiel multi- scalaire, le bois	29
La matière	30
Le bois en architecture	30
Différences entre feuillus / résineux	30
Classement des feuillus	32
Synthèse matière	36
Le matériau.....	38
De la matière au matériau neuf.....	38
Taux d'humidité par emploi du matériau.....	38
Les matériaux de réemploi.....	40
Construire en bois.....	52
Les différents systèmes constructifs.....	52
Comparatif des systèmes constructifs.....	60
Valorisation du feuillu dans les systèmes actuels.....	62
Les assemblages bois.....	64
Les liaisons démontables.....	66
Adapter les systèmes à la philosophie «Cradle to cradle».....	68
Partie III: Une recherche située.....	73
Echelle du territoire.....	74
Analyse des feuillus sur le territoire wallon.....	74
Les flux de matières au sein du territoire.....	74
Les lieux de transmission du savoir	76

Echelle communale.....	78
Repérage des acteurs de la filière.....	78
Inventaire forestier de la commune.....	78
Plan communal de mobilité.....	78
Echelle urbaine.....	80
Analyse urbaine.....	80
Les objectifs de la ville.....	81
La circulation cyclo-piétonne.....	81
Synthèse de la recherche située.....	81
Partie IV: Intervention architecturale.....	85
Organisation par flux.....	86
Accessibilité de la passerelle.....	86
Un franchissement, plusieurs ambiances	90
La circulation cyclo-piétonne dans le projet.....	92
Les flux de matières au sein du projet.....	93
Les espaces de travail.....	96
L'atelier de revalorisation.....	96
Le stockage de la matière.....	96
L'atelier de création.....	97
Le lieu de transit	97
La mise en oeuvre	106
La place de chaque système	106
La statique de la structure principale	112
Zoom sur les assemblages	114
La place de chaque essence dans le projet.....	118
Les bois de contact	118
Les bois de structure primaire.....	120
Les bois de structure secondaire	120
Les bois de recouvrement	121
Les bois d'ameublement	121
Conclusion et perspectives	131
Ressources.....	139
Bibliographie	140
Iconographie	144
Annexes.....	149

Durant mon cursus en architecture, j'ai été amené à concevoir divers projets. Chacun d'entre eux, à leur manière, trouvaient leur expression, leur intention par la matière qui les constitue.

En tant qu'architectes, nous sommes amenés à concevoir pour construire. L'architecture, c'est l'art de bâtir, la mise en espace de matériaux eux mêmes issus de matières.

Les modes constructifs, les matériaux sont autant de médiums pour faire évoluer un projet. La texture, la lumière, la couleur, tous ces paramètres vont modifier la perception de l'espace. Avec un même volume, deux espaces peuvent avoir des atmosphères différentes.

L'éventail des matériaux de construction est large, un panel de techniques et de matériaux est à disposition et en constante évolution.

Cependant, les matériaux les plus utilisés aujourd'hui entrent dans une démarche linéaire. On extrait, on utilise, on casse et puis on jette à l'image du smartphone que l'on change tous les ans alors qu'il est encore viable. Un non sens quand on connaît l'impact qu'a le secteur du bâtiment sur l'empreinte carbone européenne.

Ce travail a donc été pensé avec l'idée de cycle vertueux et notamment autour de la philosophie du «Cradle to Cradle» soit du berceau au berceau. L'objectif du travail n'est donc pas une vision lucrative pour palier à la hausse du prix des matériaux mais bien une vision pour capitaliser sur l'avenir de la planète. Ce que l'on ne paye pas avec l'argent, c'est la nature qui le paye.

INTRODUCTION

La manière de concevoir nos bâtiments a fortement évolué au fil des époques, gagnant sur le plan des performances pour le confort des Hommes, perdant sur le plan environnemental au détriment de la faune et de la flore. Les préoccupations environnementales sont au cœur des réflexions actuelles. Le secteur de la construction et celui du transport sont les principaux acteurs visés pour lutter contre le réchauffement climatique. La pollution issue de la filière construction est principalement liée à la démolition et aux déchets produits lors de cette intervention. Déchets qui sont bien souvent peu ou même pas recyclables et sont enfouis ou brûlés pour s'en débarrasser. Le second pôle d'émission est lié à l'usage du bâtiment comme le besoin de chauffer.

A l'horizon 2050, le secteur du bâtiment se devra d'atteindre la neutralité carbone. De nos jours, de nombreux exemples illustrent la manière de construire des bâtiments basse énergie. Des recherches sont menées encore aujourd'hui et les manières de concevoir ne cessent de se développer dans ce sens.

En revanche, la question des matériaux utilisés se retrouve occultée. La filière préfère les matériaux techniques comme le béton pour édifier nos paysages. Ces matériaux ne sont évidemment pas recyclables et augmentent considérablement la quantité de déchets produite par le secteur.

Le sable pour produire le béton provient de l'autre bout du monde, tous ces points cumulés en font un matériau avec une empreinte carbone catastrophique.

Lorsque l'on pense à une matière plus locale, recyclable, le bois paraît être une bonne piste de recherche. Nos forêts recouvrent plus d'un tiers du territoire wallon avec une multitude d'essences à disposition. Le relief végétal wallon se compose de deux grandes familles : les résineux et les feuillus. Cependant, quand on regarde la valorisation de ces essences, les résineux sont employés en grande majorité dans le secteur du bâtiment. Les feuillus sont exportés en Chine pour nous revenir en mobilier « Bois belge ». Amputés de la moitié de nos ressources forestières, nous sommes contraints d'importer les bois de résineux d'Europe du nord.

Tous ces non-sens soulèvent des questions. Comment construire de manière à produire moins de déchets ? Comment relocaliser la filière du bois de feuillu dans nos régions ?

La conception architecturale s'inspire des matières mises en œuvre et du contexte à différentes échelles. Elle pourrait donc être une piste de réflexion pour l'aboutissement de ce travail.

La recherche se trame sur 4 grandes parties :

Une mise en évidence des constats et confrontations de ces non-sens écologiques ;

Une analyse de sa source à sa mise en œuvre mettant en avant le potentiel multi-scalaire de cette ressource, le bois ;

La recherche du site d'intervention pour la bonne valorisation du bois en Wallonie ;

L'intervention architecturale qui met en application les principes trouvés précédemment.

PARTIE I : UN NON-SENS ÉCOLOGIQUE

I.I.I Son histoire

Les paysages de nos contrées ont été marqués de plusieurs manières au fil des époques.

L'ère industrielle a provoqué un développement du parc de logement wallon. Cette expansion est principalement due aux cités ouvrières qui sont des lieux de centralisation de la main d'œuvre.

La première guerre mondiale (1914-1918) a ravagé une bonne partie des bâtiments d'époque, entraînant une phase de reconstruction. Ces événements ont marqué les esprits. Cette reconstruction a donné naissance aux cités jardins, inspirées par le modèle anglais d'Howard. Elles sont conçues comme une solution aux cités ouvrières devenues insalubres.

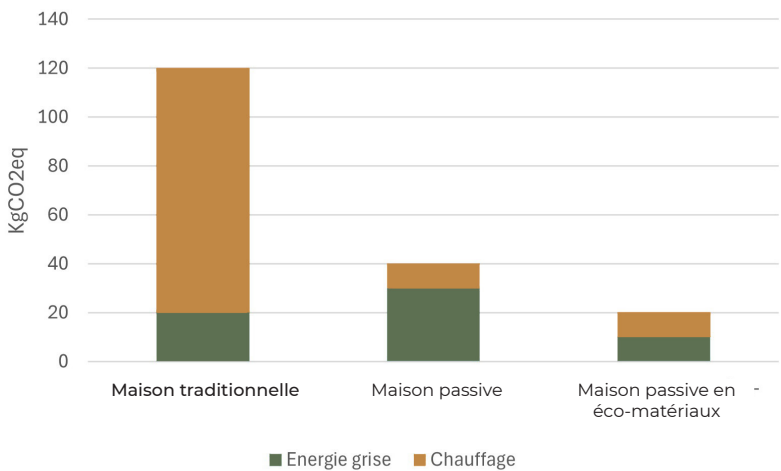
Après la seconde guerre mondiale (1940-1945), les nouveautés apportées par la recherche militaire ont permis le développement de techniques plus performantes, c'est l'apparition des immeubles en béton.

En 1973, la crise pétrolière impacte la manière de vivre des habitants. Le prix du combustible ayant augmenté, on se chauffe moins et l'on cherche à isoler les bâtiments pour se protéger du froid.

Précédemment, la question de l'isolation n'avait jamais été abordée, les bâtiments en étaient donc dépourvus. Les gouvernements ont pris des décisions face à cette crise et des réglementations ont été imposées. Il faudra cependant attendre 1985 pour que la première règle thermique voit le jour en Belgique.

Depuis, la manière de concevoir un bâtiment a drastiquement changé. Nous sommes passés d'un modèle où l'on ne cherche plus à produire de la chaleur mais plutôt à en perdre le moins possible. Avec le réchauffement climatique et les émissions de CO2, ce modèle a pris de l'ampleur. Ainsi, les isolations ont été pensées de plus en plus performantes. La solution la plus aboutie est la maison passive ayant un impact carbone 10x moindre que la maison traditionnelle. La mission est donc accomplie à ce niveau.

Néanmoins, en diminuant l'impact carbone du chauffage, la société a négligé l'impact carbone des matériaux qui a augmenté de 50%. Les matériaux employés pour réduire les déperditions thermiques nécessitent plus d'énergie grise pour être fabriqués. En d'autres termes, la question actuelle du secteur du bâtiment pour continuer de réduire l'impact carbone se tourne plus vers l'autre partie du problème : les matériaux employés.



ill 1.1 : comparatif de l'évolution de l'impact carbone des habitations.

I.I.II La tendance générale

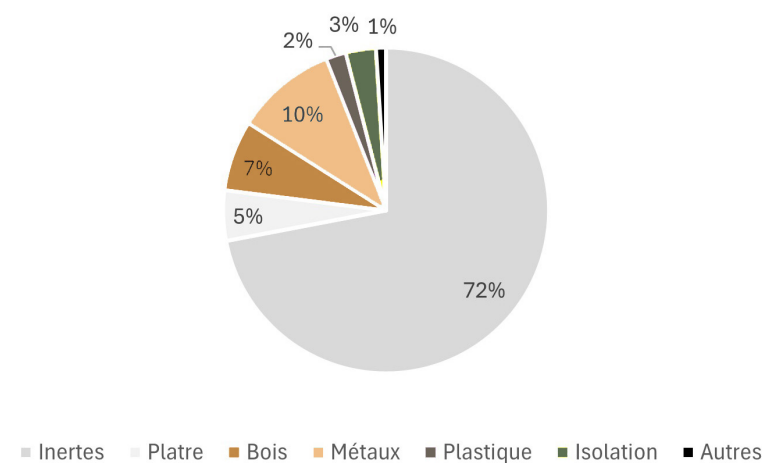
Le modèle économique mondial actuel repose sur l'idée que les matières premières sont inépuisables. Leur consommation n'a pourtant cessé d'augmenter, dépassant largement leur taux de régénération. Le modèle économique linéaire basé sur le schéma « Extraire, Fabriquer, Consommer, Jeter » considère les ressources comme inépuisables.

Cependant, nous sommes sur la Terre, elle est ronde et bien limitée en terme de capacité de ressources naturelles. L'épuisement et la difficulté d'exploitation des matières premières augmentent la volatilité des prix dans un contexte de dépendance des marchés européens vis-à-vis des marchés mondiaux.

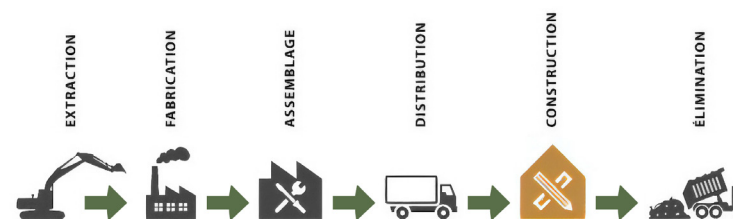
Au niveau européen, le secteur de la construction est responsable de près d'un tiers de l'impact environnemental. Cette part aussi importante est principalement due aux transports abusifs de matières en provenance de l'autre bout de la planète telles que le sable. Ce dernier se raréfie, cela a soulevé des questions lors d'une lettre ouverte, retranscrite en annexe. La population ne cesse de croître et le système économique basé sur la consommation à outrance compromet l'équilibre des ressources de la Terre.

En parallèle de cela, il est important de noter que la construction de bâtiments dans l'Union européenne représente près de 50% de l'extraction des ressources naturelles. Elle est aussi responsable de 38% des déchets générés. La politique actuelle du « Cradle to grave », une logique de jeter et/ou enfouir ce que l'on n'utilise plus, est un non-sens environnemental.

Ce système est simplement la conséquence de notre manière de concevoir et de construire aujourd'hui. Actuellement, plus de 70% des déchets issus du secteur sont des déchets qui sont sous-cyclables, c'est-à-dire qu'ils perdent de la valeur lors de leur réutilisation et fatalement nécessitent d'être extraits à nouveau pour subvenir à la demande.



ill 1.2 : Répartition des déchets issus du secteur du bâtiment.



ill 1.3 : Schéma du «Cradle to grave».



ill 1.4 : Illustration de l' «Upcycle» avec Tomato Chili utilisant du bois de coffrage et des vitrages de châssis, « déchets » issus de chantiers bruxellois, pour construire de nouvelles serres.



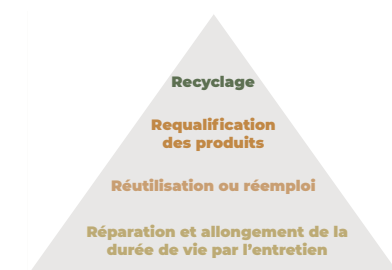
ill 1.5 : Illustration du «Downcycle» avec l'utilisation de déchets inertes en comble de sous-fondation de voirie.

I.I.III Les déchets en Wallonie

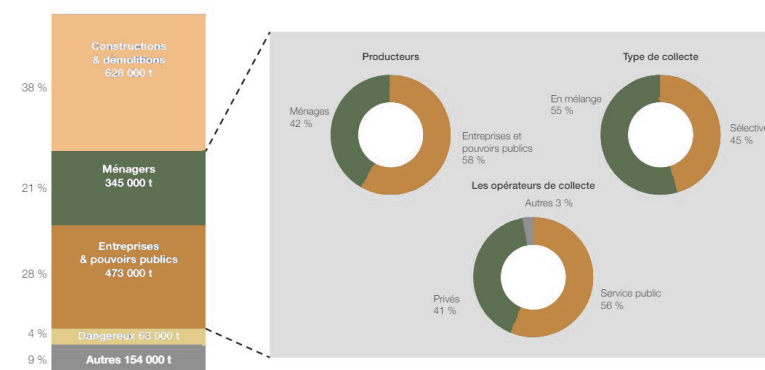
Les chiffres précis pour la Wallonie ne sont pas disponibles. Cependant, pour donner plus de consistance à ces pourcentages, on peut observer les chiffres de la capitale¹. Là-bas, le secteur de la construction génère 628 000 tonnes de déchets chaque année. 91 % des déchets sont triés sur place ou dans des centres de tri avant d'être envoyés au recyclage. Il s'agit principalement de déchets inertes, recyclés et ré-utilisés dans les fondations des routes ou des bâtiments (downcycling), mais aussi une part de métal et du bois. Depuis plus d'une décennie, les politiques régionales, visant une gestion durable du secteur de la construction, portent leurs fruits. Cependant, la question de l'utilisation rationnelle des matériaux doit encore être améliorée. Il existe un énorme potentiel de développement et d'amélioration de la gestion des déchets et de leur conversion en ressources. Il est désormais temps de promouvoir des pratiques allant dans ce sens. La quantité de déchets générés par le secteur de la construction est de 628 000 tonnes par an et la quantité totale de déchets collectés pour la capitale est de 1 325 000 tonnes par an. En fait, la plupart des déchets sont « downcyclés ». Cela signifie qu'ils sont recyclés en matériaux de moindre qualité et fonctionnalité.

Pour pousser le système plus efficacement, il faudrait suivre la règle des «4R »². Avant de recycler un matériau, il faut essayer de le préserver au maximum à son état initial. En d'autres termes, un

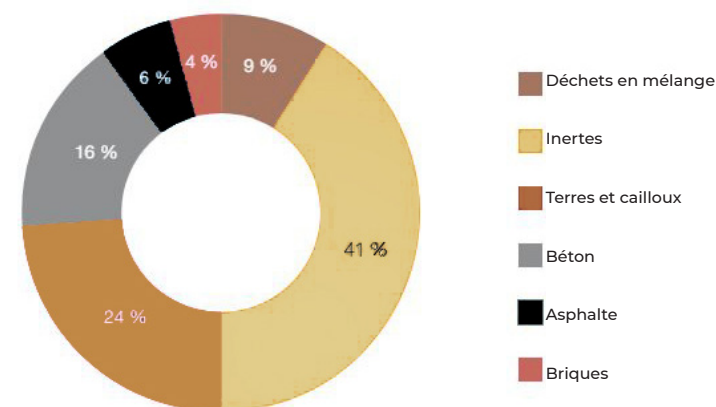
matériau doit être dans l'ordre des priorités : Réparé et entretenu au cours de son exploitation ; Réutilisé ou Réemployé dans un autre projet (Upcycle) ; Requalifié en un autre matériau (Downcycle); Recyclé pour en extraire de la matière première. Historiquement, la Wallonie est principalement une région où l'on travaille la maçonnerie : dans l'Ouest la brique rouge, dans l'Est la pierre. Ces matériaux sont assemblés au mortier ce qui empêche de les « sur-cycler ». Cependant une autre matière au potentiel « sur- cyclable » est massivement présente sur le territoire, le bois. Et pourtant, seulement 8%³ des nouvelles constructions sont construites en bois.



ill 1.6 : Schéma de la règle des 4R.



ill 1.7 : Répartition de la production des déchets.



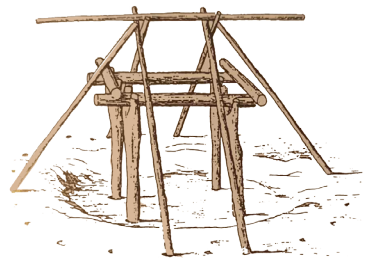
ill 1.8 : Composition des déchets de constructions et de démolition.

¹chiffres issus du dossier «Le secteur de la construction à Bruxelles constat et perspectives : vers une économie circulaire»

²Variante de la règle des 5R de Béa Johnson appliquée au secteur de la construction

³Chiffre issu du site : <https://www.houtinfo Bois.be/la-foret-et-le-bois/la-filiere-bois-belge-2/la-construction-bois/>

I.II ETAT DE L'ART DE LA FILIÈRE BOIS WALLONNE



ill 1.9: Représentation des premières constructions bois

I.II.I La filière hier

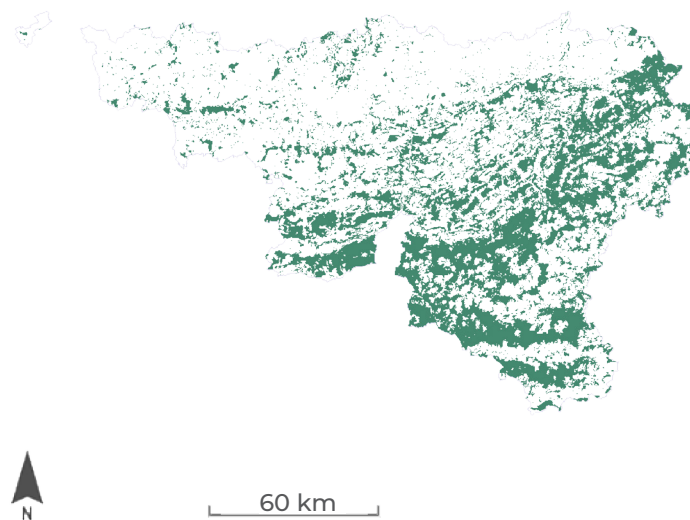
L'art du travail du bois date de l'Antiquité. Quand l'homme préhistorique a décidé de sortir de ses cavernes, c'est avec le bois qu'il a choisi de construire sa hutte. Par instinct, l'homme s'est regroupé en tribus. Celles-ci ont donné naissance à des villages lors de la sédentarisation. Il est probable que l'un des premiers artisans de ces villages ait été un charpentier.

Durant le Moyen-âge, plusieurs personnes exerçant le même métier se regroupaient par corporations et s'établissaient dans le même quartier. Cette proximité a favorisé la transmission du savoir-faire. Des règles étaient de vigueur pour la bonne utilisation de la matière. Par exemple, si un ouvrage contenait de l'aubier ou encore s'il contenait une partie collée, il était saisi et détruit pour non-respect de la norme. Suite à la révolution française, on prône la liberté du travail. Ces entités ont donc été supprimées en 1791.

Jusqu'au début du 20e siècle, les matières utilisées pour bâtir étaient généralement locales, l'artisan utilisait ce que la nature lui conférait dans son environnement proche. Chaque région du monde a donc, par son environnement, développé un aspect particulier dû à la mise en œuvre de ses ressources naturelles. Le développement du système ferré et des infrastructures routières a permis le transport de la matière de plus en plus loin et de plus en plus vite. Ainsi, les savoirs développés dans chaque région ont pu se répandre et diversifier les paysages de chacune d'elle. Chaque producteur travaillant d'après des

mesures établies pour l'usage traditionnel de sa région, le marché s'est trouvé submergé de matériaux aux formats disparates et de qualités variées. Afin de pouvoir certifier un matériau, il est nécessaire de le normaliser pour pouvoir garantir le comportement de celui-ci lors de sa mise en œuvre.

La Wallonie est recouverte à plus d'un tiers de sa superficie d'espaces boisés. Ce bois a longtemps servi de base dans la construction résidentielle. Principalement dans les combles des toitures où cette matière était plus appropriée que la brique ou la pierre. Le bois offre, par nature, de meilleures opportunités pour franchir d'un mur à un autre. La possibilité de faire travailler le bois en flexion (combinaison de la traction et de la compression) en est la principale particularité dont les matières minérales sont dépourvues. Les bois utilisés étaient généralement des bois de chêne pour leur abondance dans nos forêts ainsi que leurs bonnes propriétés.



ill 1.10: Masque végétal appliqué au territoire de la Wallonie.

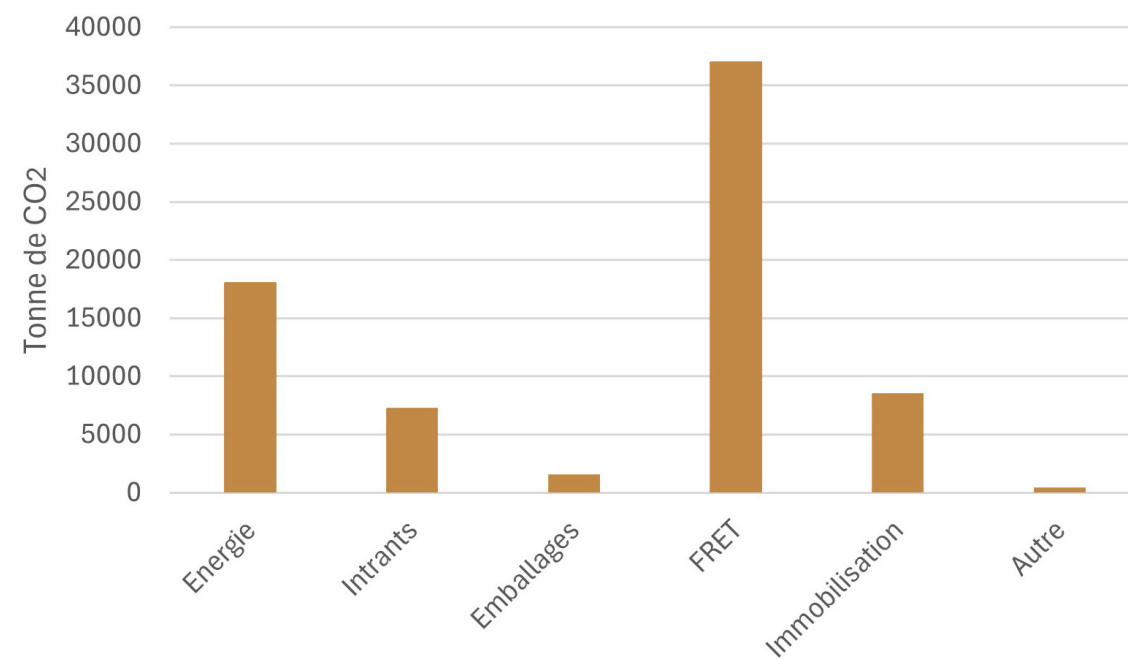
I.II.II La filière aujourd'hui

De nos jours, la construction bois utilise à 95% des bois résineux. La production belge étant insuffisante pour subvenir à la demande, nous les importons depuis l'Europe du Nord.

En parallèle de ça, depuis des années, nos bois, principalement ceux de feuillus, sont exportés à l'autre bout du monde pour être valorisés et revenir sous forme de mobilier et parquet « Bois belge » (Articles de presse en annexe 3). Nous privant de 50% de la matière disponible. Le FRET (logistique et transport de la marchandise) est responsable de plus de 50% de l'impact carbone de la matière bois. Ces trajets sont un non-sens écologique qui plombe le bilan carbone du bois.

De plus, l'épicéa a été massivement implanté en Wallonie pour répondre à cette demande. Cependant, ces espaces boisés ne sont pas durables. Les monocultures d'épicéa, très sensibles aux maladies, sont la cible du scolyte. En cas d'invasion de ce champignon, cela provoque des pénuries de matière pour la filière. La biodiversité et les sols s'appauvrissent au fil des plantations successives d'une même essence.

Une lettre ouverte au ministre a été publiée en 2021 (Retranscription complète en annexe 2) exposant clairement le problème au grand jour. Une mobilisation au niveau national est mise en place afin de valoriser localement la matière. Une dynamique nationale est en place pour lutter contre ce non-sens environnemental. Parmi les pistes à explorer, la valorisation du bois de feuillu dans la construction paraît comme une évidence.



ill 1.11: Graphique comparatif de l'impact carbone des différents secteurs d'activités liées au bois.

I.III.I Problématique et perspective de recherche

Face aux enjeux climatiques actuels, le bois présente plusieurs atouts : stockage de CO², matériau biosourcé et renouvelable, qui a, par ailleurs, fait ses preuves par son utilisation en construction au fil des époques.

Cependant, il ne suffit pas de changer drastiquement notre manière de construire nos villes. Cela changera simplement le problème de place. Une utilisation spontanée et irréfléchie entraînerait une surexploitation de la matière. Les quantités nécessaires pour remplacer le béton accentueraient fortement la demande. Les monocultures d'épicéas grandiraient, les importations se multiplieraient et ce serait un désastre écologique.

Dans la suite de ce travail, nous avons émis plusieurs pistes afin d'éviter ces dérives.

Nous sommes dans une région boisée à 50% de feuillus. Historiquement employés dans l'ameublement, ils sont très peu employés dans le secteur de la construction. De nos jours, la valorisation du feuillu a été délocalisée entraînant un impact écologique non négligeable.

Le bois que l'on utilise dans le secteur est de plus en plus transformé pour concurrencer le béton. On colle, on visse et on transcende les caractéristiques du matériau en enlevant ses impuretés, en l'« améliorant ».

Comment les Chinois pillent les forêts wallonnes



© Tous droits réservés

30 avr. 2013 à 13:04 - mise à jour 30 avr. 2013 à 15:16 · 2 min

Par Valérie Druille

Le phénomène existe depuis le début des années 2000. Nos forêts, nos bois nobles, nos feuillus intéressent fortement l'Asie et singulièrement la Chine. Les forêts wallonnes, mais aussi françaises, allemandes, polonaises, tchèques... Bref, une vraie razzia sur les ressources forestières européennes. Une véritable technique de l'étranger. Et ça marche! Le secteur est à bout, les entreprises trinquent et les emplois disparaissent.

Les scieries belges s'inquiètent de la pénurie de bois : "Il y a une concurrence avec les exportations vers la Chine"

Les scieries belges sont confrontées à des pénuries de bois rond et certaines d'entre elles ne peuvent plus fonctionner à pleine capacité et doivent donc acheter de plus en plus à l'étranger, selon une enquête menée par la Confédération belge du bois et Hout Info Bois.

La Libre Eco avec Belga

Publié le 28-10-2021 à 16h21 - Mis à jour le 28-10-2021 à 16h31

Enregistrer



La Chine fait main basse sur le roi de la forêt wallonne



© François Louis

24 juil. 2015 à 14:24 - mise à jour 24 juil. 2015 à 14:24 · 2 min

Par François Louis

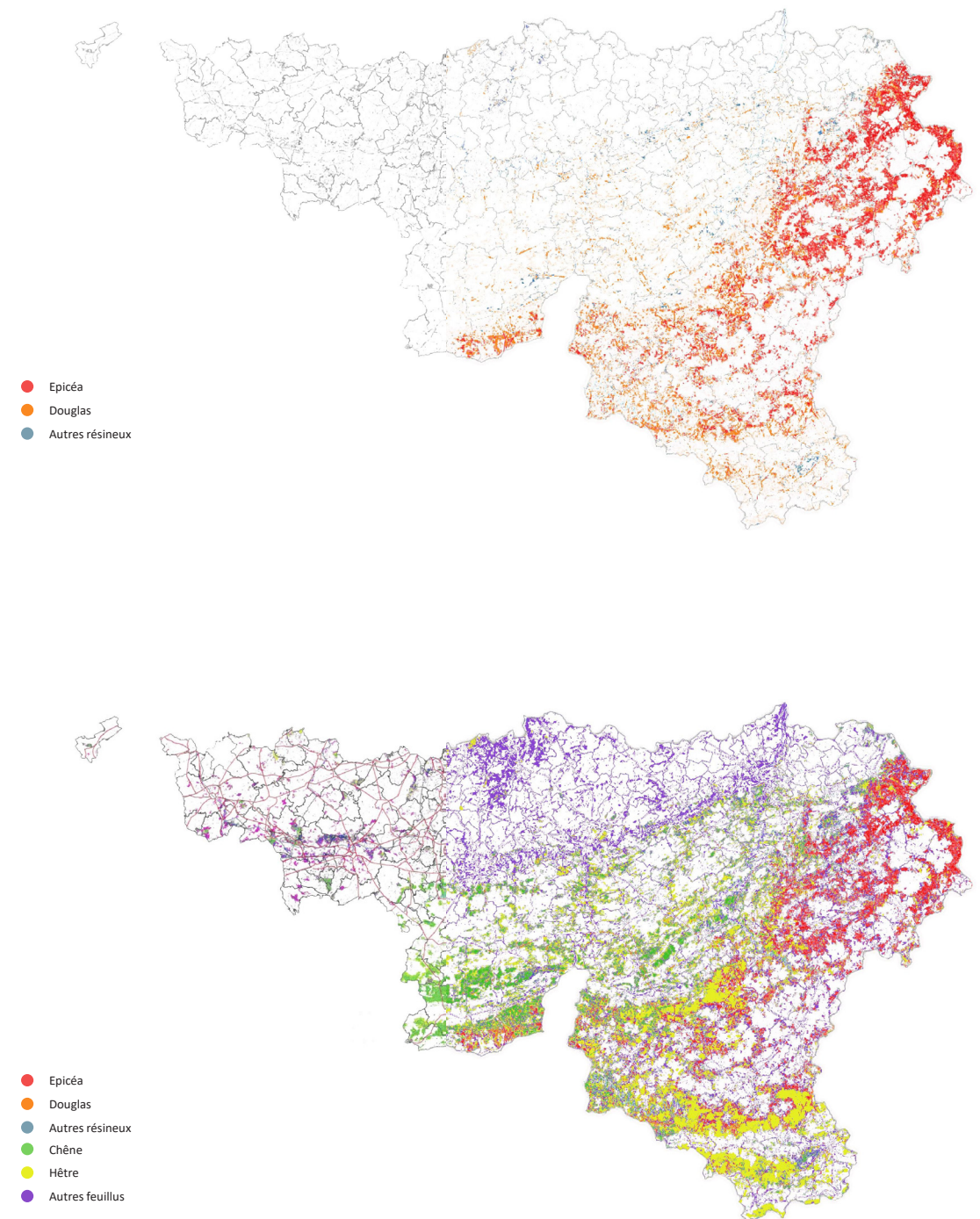
Le chêne représente encore 20 % de la surface forestière wallonne, mais les scieries spécialisées dans les arbres feuillus sont à l'agonie chez nous. D'après les derniers chiffres publiés par l'Office économique wallon du bois (OEWB), le volume scié par les entreprises wallonnes a encore baissé de 30 % au cours des cinq dernières années. Beaucoup de scieries ont mis la clé sous le paillason ou sont en chômage technique.



III 1.12: Extraits d'articles de presse

C'est de cette optimisation que sont nés le lamellé-collé et le CLT (cross laminate timber). Le premier est un élément massif constitué de fines lamelles de 3 à 5 cm d'épaisseur. Ces tranches de bois sont empilées et collées dans la même orientation de fibre. Ce procédé permet de créer des poutres monolithiques aux formes complexes ce qui n'est pas le cas d'un bois massif traditionnel, limité par le diamètre de l'arbre. Ses performances mécaniques sont donc accrues. Le CLT est également un élément massif reconstitué. Cependant, plutôt que mettre les lattes de bois dans le même sens, celles-ci sont alternées. De cette manière, le panneau peut supporter des charges bien plus élevées qu'une traditionnelle ossature bois. Les sections de bois le constituant sont assemblées soit par collage ou clouage. En revanche, les panneaux cloués sont moins efficaces et moins esthétiques, ce qui pousse à se tourner vers l'autre solution. Les bois de résineux sont plus propices que les bois de feuillus aux collages. Ce qui est une des raisons pour lesquelles ils ont été privilégiés ces dernières années. Dans une optique d'une démarche locale pour diminuer les émissions dues au FRET, il serait raisonné et raisonnable de travailler à l'image des artisans des siècles passés. C'est-à-dire travailler avec les matières qui nous entourent et principalement celles qui ne sont pas valorisées par transformation.

La question de recherche est donc la suivante :
« Comment la conception architecturale peut-elle intervenir dans la valorisation du bois de feuillu en Wallonie ? ».



ill 1.13: Confrontation et mise en évidence des essences locales majeures du territoire wallon.

PARTIE II : UNE RESSOURCE AU POTENTIEL MULTI- SCALAIRE, LE BOIS

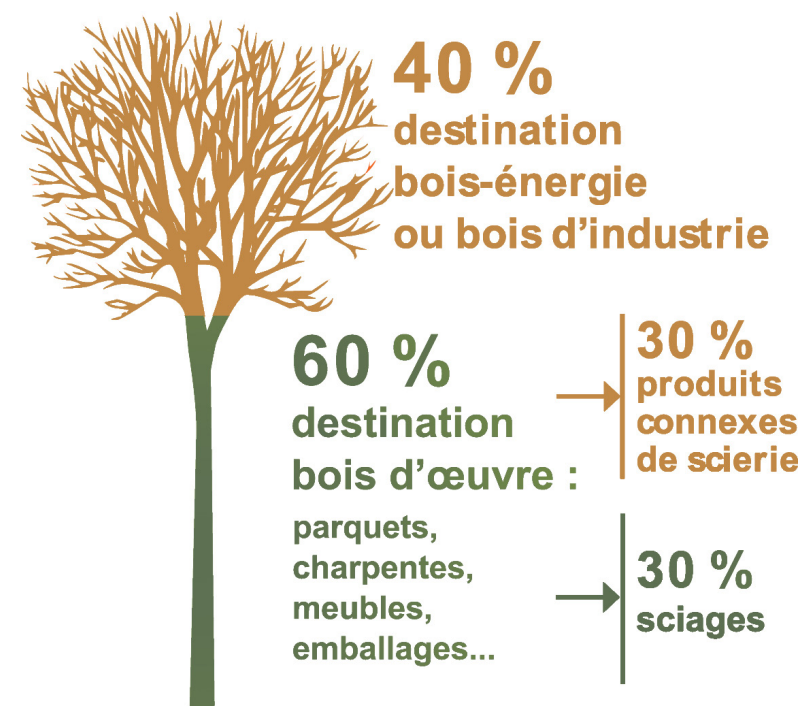
II.I LA MATIÈRE

II.I.I Le bois en architecture

Le bois qui nous intéresse en architecture ne représente que 60% de la masse totale de l'arbre. Les 40 % restants sont composés de branchages et feuillages impropres au bois d'œuvre et seront valorisés majoritairement en bois énergie ou en pâte à papier. Lors du débit de ces 60% pour transformer la matière en matériau, il y a une perte de sciage d'environ 50%. C'est-à-dire que sur l'arbre de base, seul 30% sera du bois d'œuvre de première transformation. Le reste sera transformé soit en bois énergie soit en produit de seconde transformation du bois tel que des panneaux ou encore des isolants.

II.I.II Différences entre feuillus / résineux

Dans les forêts wallonnes, les arbres se distinguent en deux grandes familles : les résineux et les feuillus. Comme cité précédemment, le résineux est largement préféré en construction bois de nos jours. En effet, un bois de résineux a l'avantage de pousser plus rapidement en moyenne que la plupart des feuillus. Il pousse de manière plus rectiligne et offre donc des longueurs plus importantes. Les normes de construction ont donc été pensées principalement pour un travail avec des bois de résineux. Orientant forcément les choix des essences de bois pour la mise en œuvre. Cependant, nous disposons d'un panel varié d'essences. Lorsque l'on prend le temps d'analyser et de les comparer, on remarque que certains feuillus poussent aussi vite voire plus vite qu'un résineux. De manière générale, un feuillu sera plus dur et plus dense, ce qui permet de travailler la matière dans la masse et jouer d'assemblages.



ill 2.1: Confrontation et mise en évidence des essences locales majeures du territoire wallon.



ill 2.2: Illustration des deux familles d'arbres.

II.1.III Classement des feuillus

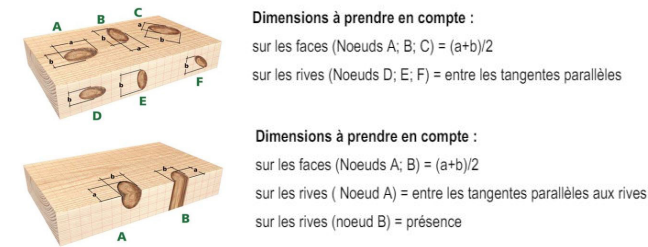
Les bois de feuillus regroupent un très grand nombre d'essences de bois. Leur seul point commun en réalité est qu'il s'agit d'arbres qui perdent leurs feuillages durant l'automne contrairement aux résineux qui préservent leurs épines. Il existe donc un grand nombre d'essences aux propriétés intrinsèques variées. Il y a plusieurs classements possibles.

Le classement d'aspect qui correspond à des critères d'apparence par exemple pour la menuiserie ou l'aménagement d'intérieur. Il se base sur les critères tels que le nombre et la taille des nœuds, la longueur et profondeur des cernes, les potentielles blessures ou encore le fil du bois.

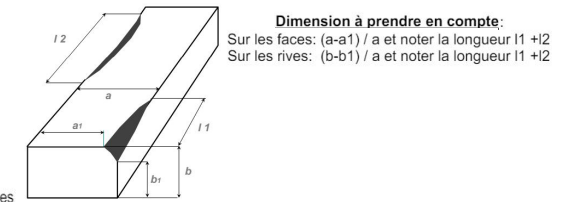
Le classement mécanique est voué au bois de structure. Il est obligatoire pour tout bois qui sera mis en œuvre. Deux techniques sont utilisées pour les classer :

La méthode visuelle qui se base sur les mêmes critères que le classement d'aspect. On part du principe que si un bois est « beau » et sans défaut il sera forcément plus résistant.

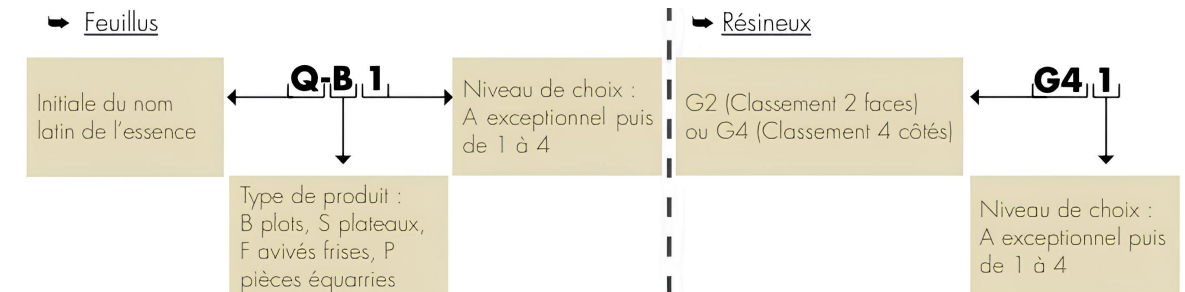
La méthode par machine se base sur les résultats de différents tests (Vibratoire, optique, flexion, ...). Ces tests sont faits en laboratoire et suivent un protocole strict qui varie selon les essences étudiées. Pour les feuillus, il est préférable de faire un tri avec un classement d'aspect au préalable pour maximiser le rendement et moins déclasser les pièces de bois.



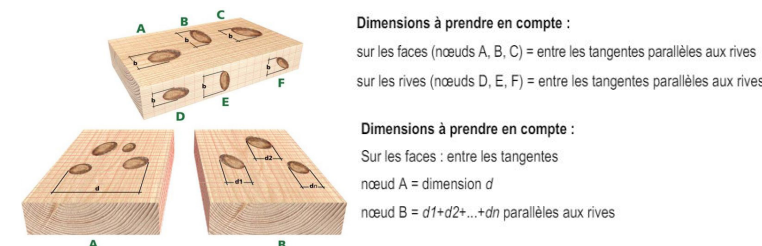
ill 2.3: Défauts liés aux noeuds à considérer lors du classement d'aspect.



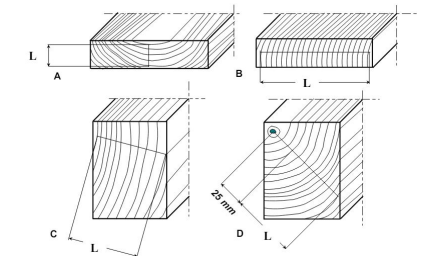
ill 2.4: Défauts liés au débit à considérer lors du classement d'aspect.



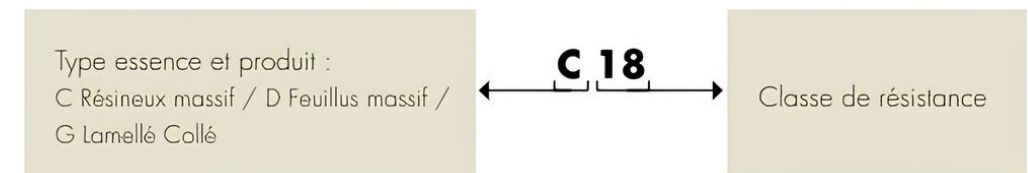
ill 2.5: Shéma explicatif de la nomenclature du classement d'aspect



ill 2.6: Défauts liés aux noeuds à considérer lors du classement mécanique.



ill 2.7: Mesurage des cernes d'accroissement pour le classement mécanique.



ill 2.8: Shéma explicatif de la nomenclature du classement mécanique.

Le classement de la durabilité naturelle du bois

Les essences de bois sont réparties selon cinq classes de durabilité. Cette classification est d'application uniquement pour tester la résistance aux champignons et non contre les insectes. Le classement se fait sur base d'un test d'observation où un pieu de 25 cm² de duramen est planté dans le sol. La Belgique connaît comme classement : Classe I, très durable (+ 25 ans); Classe II, durable (15 à 25 ans); Classe III, moyennement durable (10 à 15 ans); Classe IV, peu durable (5 à 10 ans); Classe V, très peu durable (- 5 ans). A noter que tous les aubiers sont considérés de classe V.

Le classement de la densité

Pour l'artisan, il est plus cohérent de classer les bois sur une échelle de la dureté. Il ne travaillera pas le bois de la même manière s'il est face à une essence plus tendre ou au contraire plus dure. L'échelle de dureté est en étroite corrélation avec l'échelle de la densité car elles vont dans le même sens, ce qui permet de les classer dans le même ordre. La densité d'un bois est calculée sur base d'une valeur moyenne d'un bois à 15% d'humidité. On obtient donc cinq catégories de bois : Les bois très tendres et /ou très légers avec une densité inférieure à 0,5; Les bois tendres et/ ou légers avec une densité entre 0,51 et 0,6; Les bois mi-durs et/ ou mi-lourds avec une densité de 0,61 à 0,7; Les bois durs et/ ou lourds avec une densité de 0,71 à 0,9; Les bois très durs et/ ou très lourds avec une densité supérieure à 0,91.

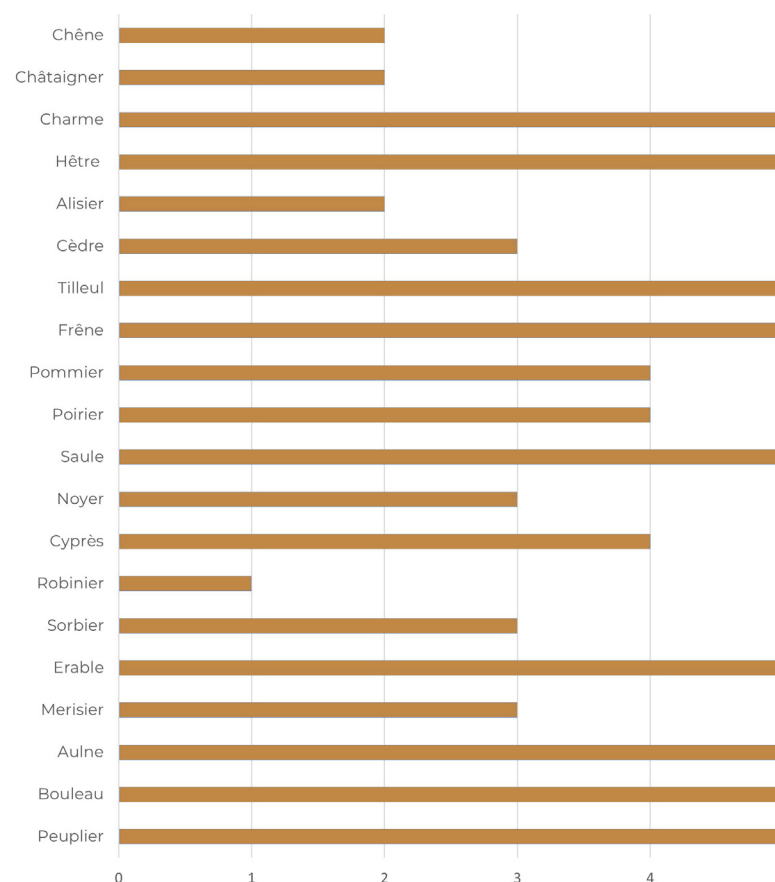
Classe d'emploi	Usage général	Risques biologiques		Classe de durabilité naturelle du bois				
		Insectes	Champignons	I	II	III	IV	V
1	A l'intérieur, au sec	Oui	Non					
2	A l'intérieur, ou sous abri, non exposé aux intempéries. Possibilité de condensation d'eau	Oui	Faibles					
3	A l'extérieur, au-dessus du sol, exposé aux intempéries	Oui	Oui					
4	A l'extérieur en contact avec le sol et/ou l'eau douce	Oui	Oui					
5	Immergé dans l'eau salée de manière régulière ou permanente	Oui	Oui					

Traitement non nécessaire

Traitement recommandé

Traitement nécessaire

ill 2.9: Utilisation du bois par rapport à sa classe de durabilité naturelle.



ill 2.10: Graphique comparatif de la classe de durabilité naturelle des essences de feuillus locaux.

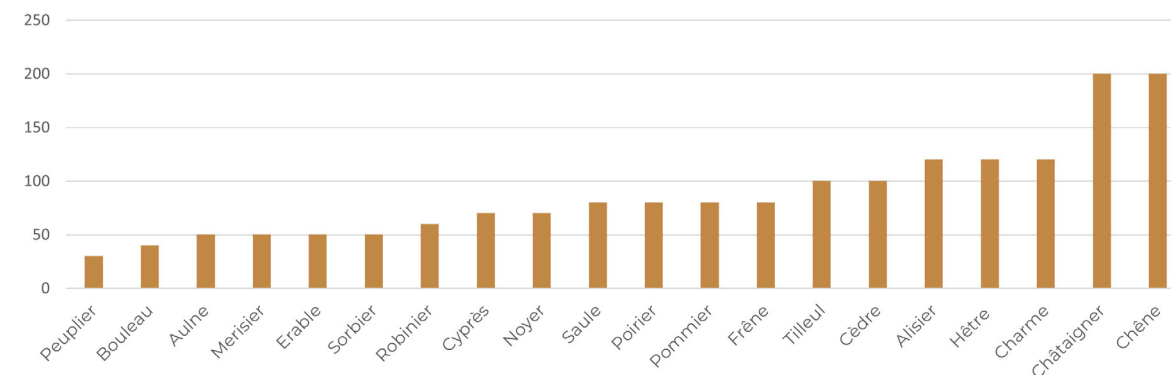
Le classement par la croissance de l'arbre

Tous les feuillus n'ont pas le même rythme de croissance. Leur temps de pousse varie du simple au triple selon les essences. Les arbres ont une meilleure croissance lors de leur jeunesse. Une fois arrivés à maturité, ils diminueront leur rythme de croissance et leur bois commencera lentement à se détériorer par les blessures du temps (gerçures, gélivures, nœuds qui se multiplient, champignons, tempêtes, ...). C'est donc ce moment qui est choisi pour l'abattage afin d'en récolter un maximum de bois d'œuvre.

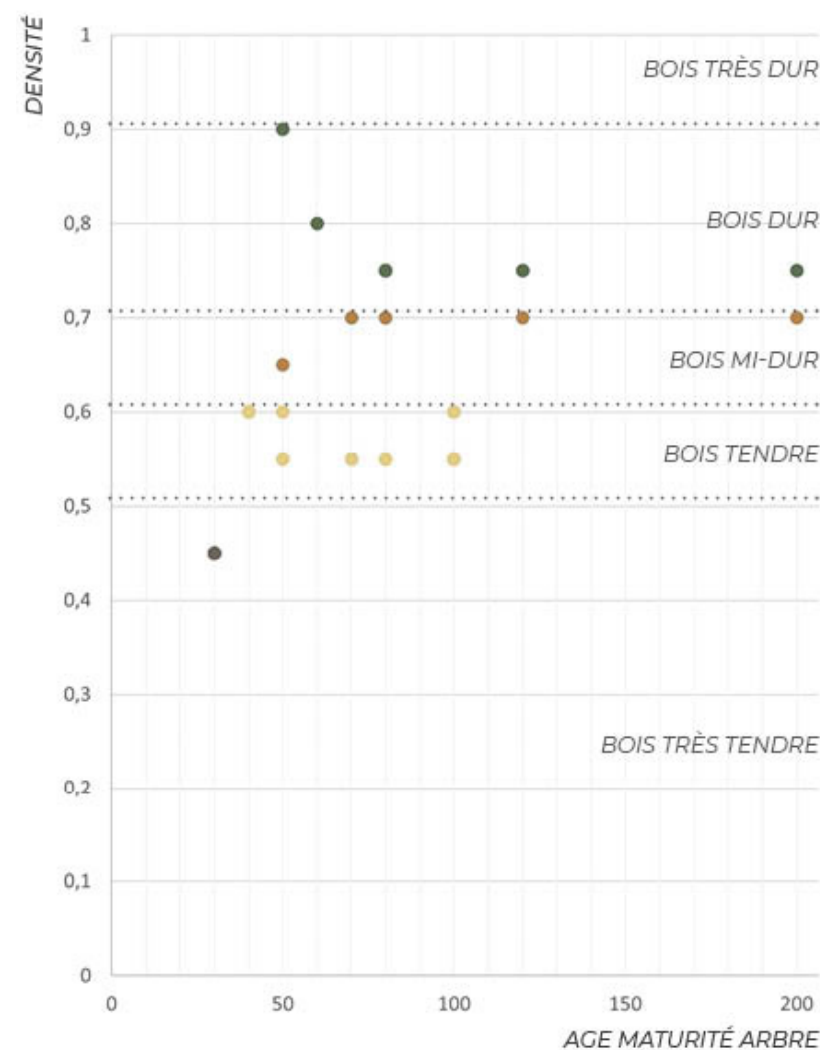
II.1.IV Synthèse matière

Lorsque l'on met en parallèle certains classements, il y a des similitudes, mais aussi des discordances. Prenons l'exemple de la durée de croissance de l'arbre jusqu'à maturité et la dureté du bois d'œuvre que l'on tire de ces mêmes essences. Il y a une certaine corrélation entre ces deux facteurs.

Cependant, ce n'est pas parce qu'un arbre met plus de temps à pousser qu'il est forcément plus durable naturellement dans le temps. Dans le projet, il y a donc une place à privilégier pour chaque essence. Chacune d'elle dispose également d'autres propriétés statiques qui lui sont propres. Ainsi on peut même privilégier certaines essences dans des systèmes constructifs de manière à optimiser naturellement la structure d'un projet.



ill 2.11: Graphique comparatif du temps pour que les essences de feuillus locaux soient à maturité.

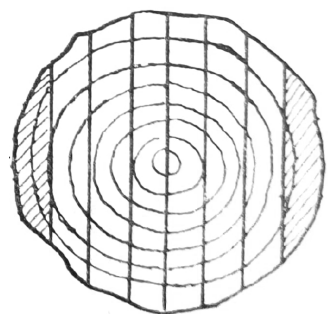


ill 2.12: Graphique comparatif de la dureté des essences de feuillus locaux avec leur âge de maturité.

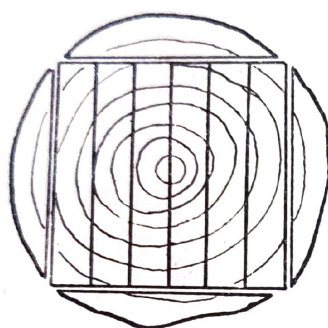
II.II LE MATÉRIAU

II.II.I De la matière au matériau

Afin de faire passer le bois de matière à matériau, il est nécessaire de le transformer. Différentes techniques sont envisageables : purger l'aubier de la grume afin d'avoir le bois d'œuvre le plus brut possible. On dispose ainsi d'un bois rond d'une large section. Ou bien débiter le bois de la grume afin d'avoir des pièces de bois de sections plus variées. Différents débits ont existé au fil des époques avec chacun leurs avantages et inconvénients. Les plus courants de nos jours sont le débit sur dose avivée dans le cas où la grume n'a pas été purgée d'aubier au préalable. Sinon elle est débitée sur plot.



ill 2.13: Schéma du débit sur plot.



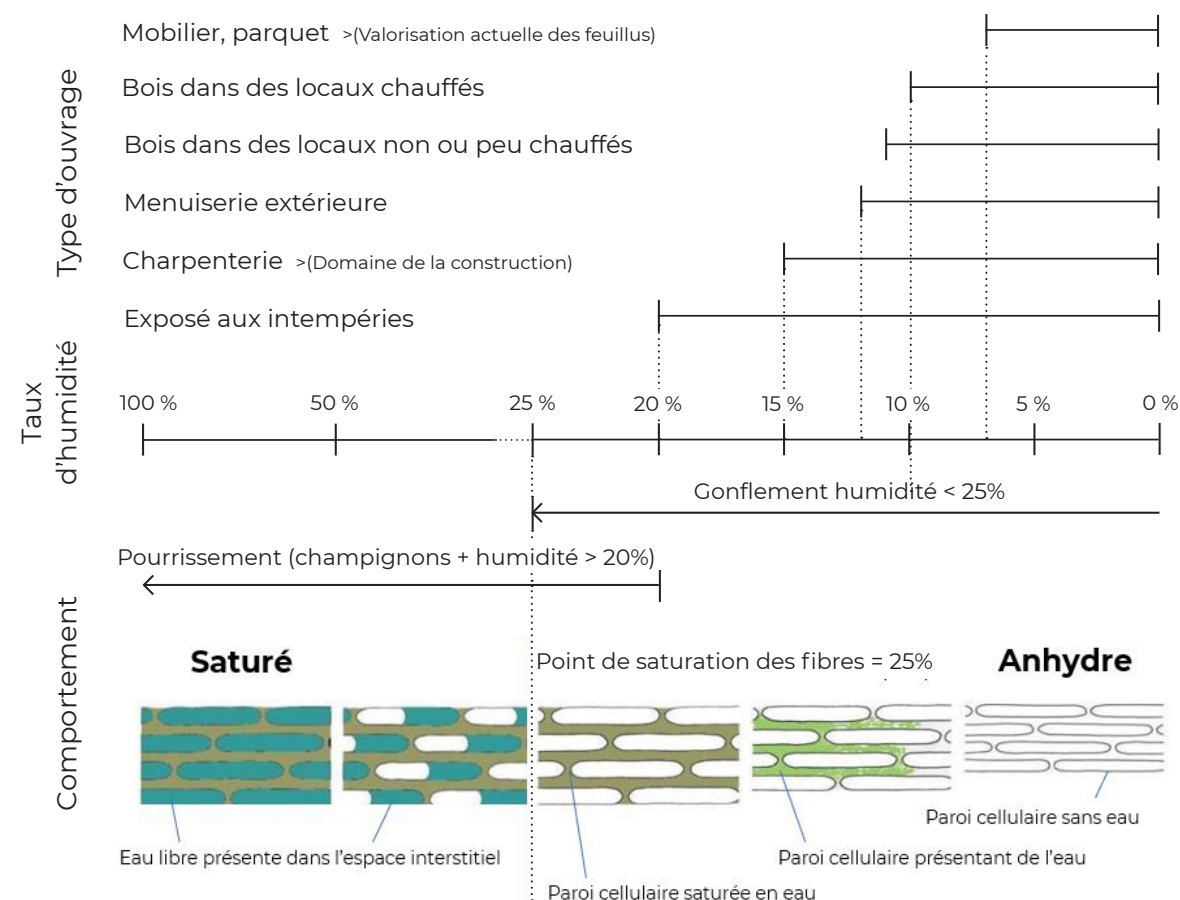
ill 2.14: Schéma du débit sur dose avivée.

II.II.II Taux d'humidité par emploi du matériau

Le bois est un matériau vivant. Une fois abattu, il préserve son humidité et se régule via l'humidité de l'air ambiant. Au moment de l'abattage, le bois peut atteindre une humidité jusqu' à 120% (100% étant le point de saturation des fibres du bois). Dans ce cas, le bois contient plus d'eau que de matière. Cela le rend inapte à la construction car il est sujet à de fortes déformations. Le bois va donc subir un séchage, naturel ou non, afin de réduire sa teneur en humidité. Le taux maximum accepté est 20% pour les pièces de bois de bardage qui restent en contact avec l'extérieur et les intempéries. En dessous, vers 15%, il est apte pour de la charpenterie. En dessous de 12%, il est utilisable en menuiserie extérieure ou encore en bois abrité. Entre 10 et 12%, il est utilisable en local clos non chauffé ou chauffé à intermittence. En dessous de 10% il est employable en local soumis au chauffage continu. Enfin en dessous de 7%

d'humidité, le bois est utilisable en menuiserie et parquets.

En conclusion, on pourrait donc envisager d'employer un bois dans un emploi où il nécessite un taux d'humidité plus élevé afin de le laisser sécher durant son emploi et de l'utiliser dans un emploi plus «sec » dans une seconde vie.



ill 2.15: Schéma du comportement du bois par rapport à son humidité et des taux nécessaires à son application.

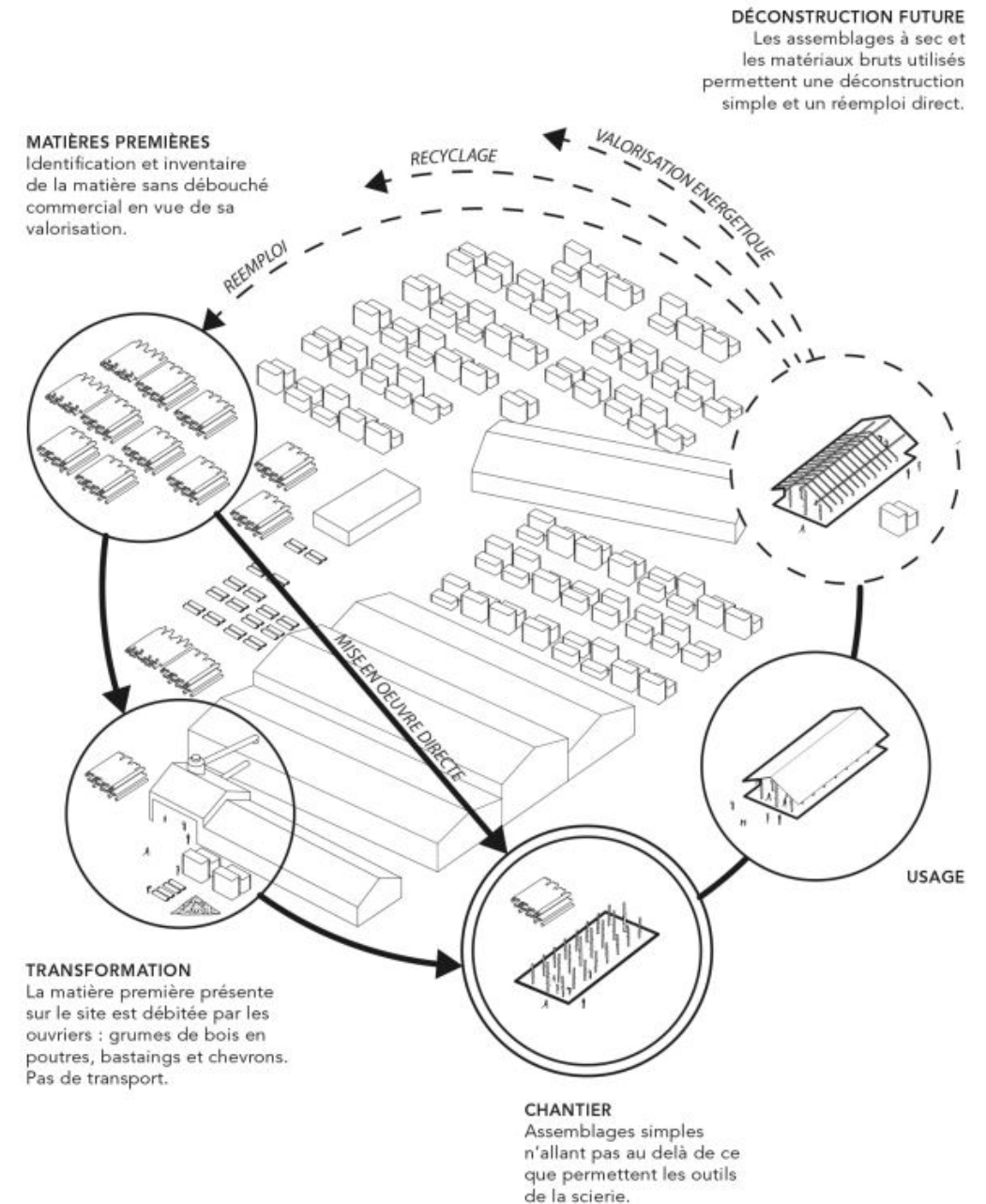
II.II.III Les matériaux de réemploi

Les normes dans le secteur de la construction ayant évolué, de nombreux bâtiments sont voués à la rénovation ou dans les cas extrêmes à la démolition. Dans ce deuxième cas, si la déconstruction se fait proprement (c'est-à-dire en triant correctement les matières à évacuer), une partie des matériaux peut encore servir. C'est le principe de l'économie circulaire. On peut donc percevoir les bâtiments comme source potentielle de matériaux lors de leur déconstruction si celle-ci est bien réalisée.

Potentiel cyclique du matériau

Les bois que l'on utilise en construction doivent avoir une humidité de 15%. Cependant, quand on regarde la valorisation actuelle des feuillus, ceux-ci vont devoir descendre à 7% d'humidité pour être utilisés dans le mobilier. Ce qui demande soit du temps supplémentaire de séchage soit de l'énergie supplémentaire pour faire fonctionner un séchoir. Quand on démonte une vieille charpente, on se rend compte que le bois a séché lors de sa première vie. Plutôt que d'utiliser un séchoir, les bois descendront en humidité lors de l'usage en structure. Ce procédé permettra de donner un second cycle de vie à des matériaux tout en réduisant le séchage, phase onéreuse en temps et en énergie.

En donnant une seconde vie aux matériaux, on double le cycle de vie de la matière. Avec une durée de vie équivalente à deux vies de bâtiments, toutes les essences de bois de feuillus entrent dans une dynamique vertueuse de régénération de la forêt car elles poussent plus vite que l'utilisation.



ill 2.16: Schéma de principe de valorisation par le réemploi du matériau de structure.



ill 2.17: Photographie des «déchets» de la piscine de l'Orient.



ill 2.18: Photographie de l'entrepôt et local de vente de la matériauthèque de Tournai.



ill 2.19: Photographie de la vente des poutres de la piscine de l'Orient à un particulier.

La matériauthèque de Tournai

Par exemple, la piscine de l'Orient de Tournai qui se voit remettre à neuf a été rasée. Il n'en restait que les fondations, des gravats ainsi que les grandes poutres en lamellé collé qui soutenaient la toiture au-dessus du grand bassin.

Etant considérées comme déchets, elles ont été données gratuitement à la matériauthèque de Tournai.

Ce point de vente sert de charnière entre les acteurs de la déconstruction et les particuliers. Ainsi, la piscine de l'Orient persiste au travers de divers projets des acteurs locaux de Tournai, la matière prend un nouveau cycle de vie, elle est revalorisée.

La matériauthèque de Tournai pouvait, il y a quelques années, transformer la matière sur place. Cependant, l'ouvrier qualifié pour ce travail ne fait actuellement plus partie de leur équipe. Les matériaux présents dans leur entrepôt ne sont donc ni calibrés, ni réparés.

La ressourcerie namuroise

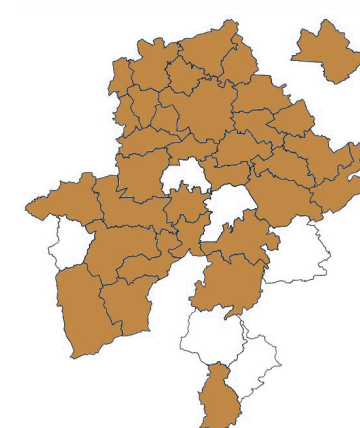
La ressourcerie est une coopérative qui sert des objectifs sociaux. Elle vise la création d'emplois durables par la valorisation des « déchets » dans le secteur de la récupération dans la commune de Namur.

La matière est récupérée soit chez le particulier soit par le biais d'un recyparc. Ensuite, elle est triée afin de déterminer ce qui est encore utilisable ou non. Ce qui n'est plus utilisable est démantelé. Les éléments recyclables sont recyclés et le reste est valorisé en

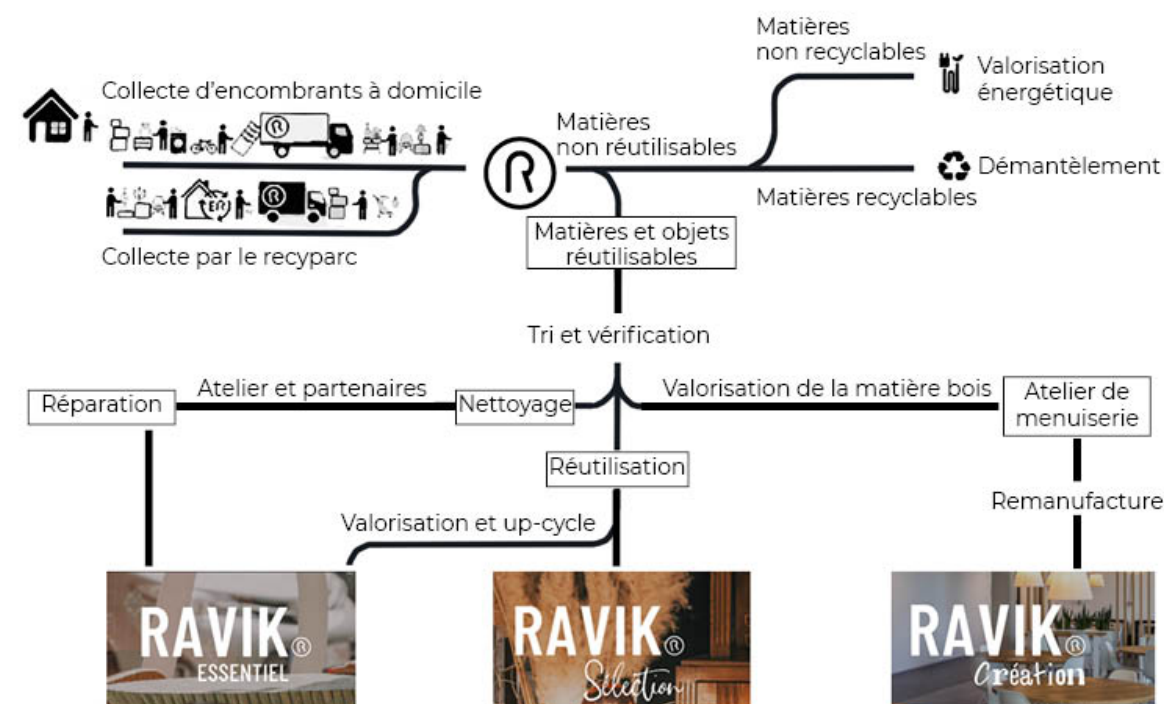
énergie. Pour ce qui est récupérable, le matériau est soit utilisé tel quel, soit nécessite une réparation avant d'être réemployable.

Pour les éléments en bois de plus petite section, ils sont réemployés en menuiserie. L'ensemble de la démarche est dans l'optique du zéro déchet.

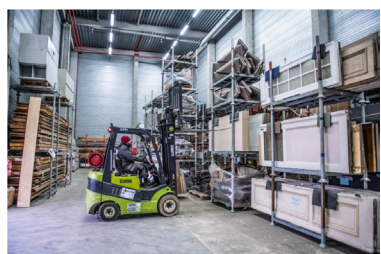
L'entreprise fonctionne par le biais de la récupération des matières premières issues d'encombrants chez les particuliers. Cette ressourcerie ne produit donc pas de bois de construction.



ill 2.20: Carte des communes partenaires avec la ressourcerie namuroise.



ill 2.21: Schéma de principe de valorisation de la matière au sein de la ressourcerie namuroise.



ill 2.22: Manutention des bois par le biais de chariots élévateurs.

Rotor déconstruction

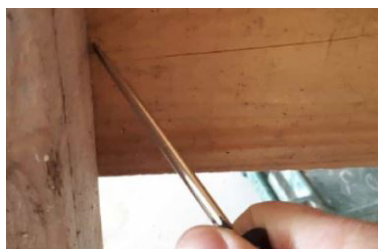
Rotor déconstruction a vu le jour en 2014. Il s'agit d'une coopérative bruxelloise qui se charge du recyclage et de la remise en circuit de matériaux en tout genre. C'est alors qu'en 2016, cette coopérative s'est développée dans les pays limitrophes. Leur base est désormais implantée à Evreux, en France. Ils y ont implanté plusieurs ateliers afin de travailler le bois pour qu'il soit livrable et prêt à l'emploi. Les matériaux qui circulent au sein de leurs ateliers sont diversifiés. On y retrouve principalement du carrelage, de la céramique, des luminaires et du bois. Ce dernier, qui est le matériau qui nous intéresse plus particulièrement au sein de ce travail, est majoritairement du lamellé collé.

Opalis

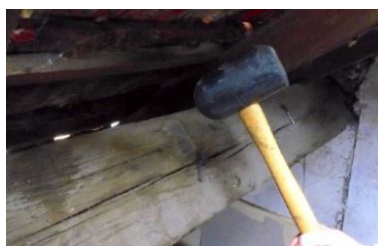
Opalis répertorie par catégories différents matériaux de réemploi disponibles sur le marché. Ils souhaitent avant tout pousser les consommateurs à réemployer divers matériaux lors de leurs travaux. Pour cela, ils ont mis en place en ligne un registre de contacts qui proposent leurs services (déconstruction, nettoyage, redimensionnement et conseil des matériaux) et/ou matériaux à réemployer. Des fiches techniques sont disponibles sur leur site sur la remise à neuf d'un matériau en particulier. Pour disposer de plus d'informations comme les propriétés, la disponibilité, la fréquence et les tarifs, de la documentation est aussi mise à disposition. Enfin, le site Opalis est également une source d'inspiration puisqu'il catalogue et met en lumière les projets réalisés dans la même philosophie.

En ce qui concerne le bois, on observe qu'en Benelux le bois d'oeuvre est beaucoup moins réemployé qu'ailleurs dans le monde. La filière de réemploi du bois y est bien plus développée par exemple aux Etats-Unis avec leur réseau «Reclaimed wood».

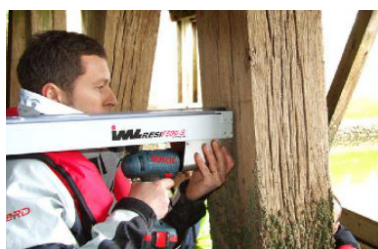
Au sein de notre pays, les bois que l'on peut réemployer sont classés dans deux catégories. L'une d'elles regroupe les bois de structure qui ont un prix plus attractif qu'un produit équivalent neuf. Ces bois sont généralement issus d'essences résineuses. L'autre englobe des bois plus anciens recherchés pour le charme traditionnel qu'ils véhiculent. Ces vieux bois de charpente sont souvent des poutres en bois de feuillu, essentiellement du chêne. Malgré, leur longue mise en oeuvre passée, ils peuvent quand même encore servir comme bois structurel. Dans certains cas où le bois n'est plus apte à remplir sa fonction primaire, il peut être débité en planches pour être revalorisé en mobilier.



ill 2.23: Test du tournevis.



ill 2.24: Test au maillet.



ill 2.25: Test de dureté.



ill 2.26: Test d'humidité.

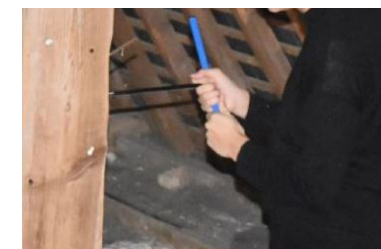
Le parcours d'un bois de réemploi

Sur chantier

La récupération d'un bois qui a été utilisé en structure nécessite plusieurs étapes avant d'être réemployé. Avant toute intervention, il faut mener des études préliminaires.

Tout d'abord, une inspection visuelle qui permet d'identifier l'essence de bois et percevoir les possibles particularités qui compromettraient le potentiel réemploi. Ces défauts peuvent être de l'ordre de l'usure due à l'utilisation tel que le fluage (déformation souvent due à une charge trop élevée pour la section) ou bien des défauts naturels tels que des nœuds, du bois d'aubier résiduel du débit ou encore des agents externes comme des champignons, moisissures et traces d'insectes xylophages. Cette étape permet de vérifier si le bois n'a pas gauchi avec le temps ainsi que la méthode d'assemblage. Ces deux facteurs importants sont à prendre en compte lors du démontage. D'autres tests peuvent être réalisés au préalable comme par exemple l'historique du bâtiment sur base de documents originaux. De cette manière, il est possible d'accéder aux conditions d'usage de ce bois et vérifier qu'il ne contient pas d'éléments toxiques qui nuiraient au potentiel réemploi.

Dans un second temps, si les premiers tests sont validés, le bois subira au minimum 6 tests élémentaires. Le test de dureté se fait à l'aide d'un résistographe. Il permet de localiser les zones ayant un risque de pourriture en profondeur invisible au test précédent. Le test du tournevis qui, par la provocation d'un éclat dans le fil sain du bois, permet de déterminer si les fibres déchirées sont longues (signe d'un bois en bonne santé). Le test au maillet permet, par chocs, de détecter des zones de vide dans le bois. Le test d'humidité est réalisé à l'aide d'un humidimètre. Un carottage du bois permet de détecter les détériorations internes du bois. Ce carottage permet aussi de déterminer avec précision l'essence du bois, sa provenance et même son âge par dendrochronologie. Ces échantillons sont ensuite envoyés au laboratoire pour une analyse plus poussée. Une fois ces tests préalables effectués, le démontage peut avoir lieu. Le réemploi impose un travail soigné et armé de patience. De la perte est souvent de vigueur car le bois peut casser lors du démontage. Quand les bois sont séparés, ils sont triés par essences et sections similaires pour avoir des lots homogènes. Les bois sont ensuite acheminés dans l'atelier pour la suite du processus.



ill 2.27: Carottage du bois.



ill 2.28: Analyse en laboratoire.



ill 2.29: Démontage des éléments en bois.



ill 2.30: Retrait des éléments métalliques.



ill 2.31: Retrait de l'écorce et de l'aubier du bois.



ill 2.32: Nettoyage du bois.



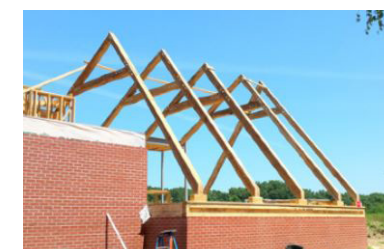
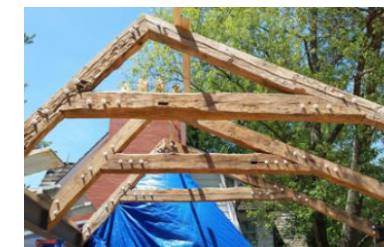
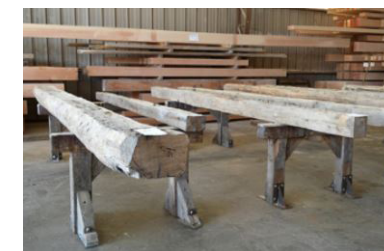
ill 2.33: Stockage du bois.

En atelier

Selon leur état, les bois subiront divers traitements. Chaque section demande donc une attention particulière afin de savoir quel traitement lui procurer. Les étapes les plus fréquentes sont, dans un premier temps, de retirer les éléments métalliques. S'ils ne sont pas retirés au préalable, ils peuvent nuire aux outils utilisés couramment par les métiers de la filière. On utilise généralement des tenailles, marteaux ou des chasses clous pneumatiques. En cas de présence d'aubier résiduel, il est débité afin de n'avoir que du bois parfait (duramen). En cas de défauts du bois problématiques pour le bon usage en structure, ils peuvent être soustraits à la section. Le bois est ensuite brossé, poncé ou sablé selon les exigences d'aspect. Le bois est finalement entreposé de manière à le laisser ventiler sur ses 4 faces et ainsi il sèche naturellement. Les bois, une fois à bonne humidité, sont marqués et rangés dans un entrepôt à l'abri des intempéries.

Sa remise en œuvre

Une fois remis dans un état similaire à un bois neuf, le matériau de réemploi pourra être travaillé afin de lui donner une nouvelle place dans un autre projet. Le bois de réemploi est à même de remplacer un neuf tant en structure qu'en habillage. De nos jours, la préfabrication en atelier est privilégiée car elle est bénéfique à la fois sur le plan financier et temporel. Pour une application en structure, il est préférable de faire appel à un bureau en stabilité pour vérifier que le bois, avec des marges de sécurité suffisantes, est apte à son nouvel emploi.

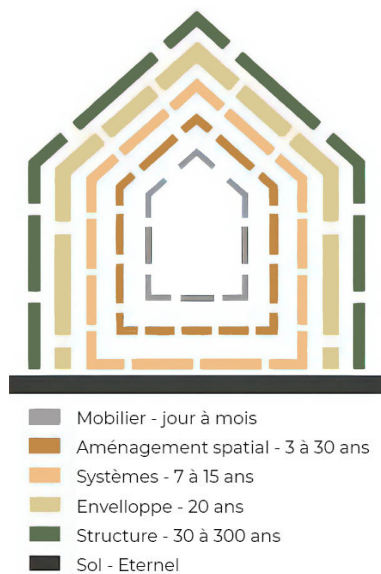


ill 2.34: Exemple de réemploi de bois en charpente par Yr-architecture (USA).

La philosophie «Cradle to Cradle»

Cette vision de la circularité de la matière rejoint la philosophie de « Cradle to cradle ». Une perspective où tout est ressource, la notion de déchet disparaît. Dans une logique de durabilité, il faut cesser de concevoir avec des matériaux composés que nous sommes incapables de séparer lors de leur recyclage.

Il suffit simplement d'utiliser le bon matériau au bon endroit et au bon moment. Lors de la conception d'un projet, l'architecte doit réfléchir à l'ensemble du cycle du bâtiment. De sa construction jusqu'à sa déconstruction et par la suite, son recyclage pour faire circuler la matière à l'infini. L'approche C2C se base sur la régénération du matériau usagé via deux cycles, soit le cycle biologique dans le cas où il s'agit d'un matériau biosourcé, soit le cycle technique dans le cas où il est réemployable.



ill 2.35: Schéma de principe de la conception par strates.

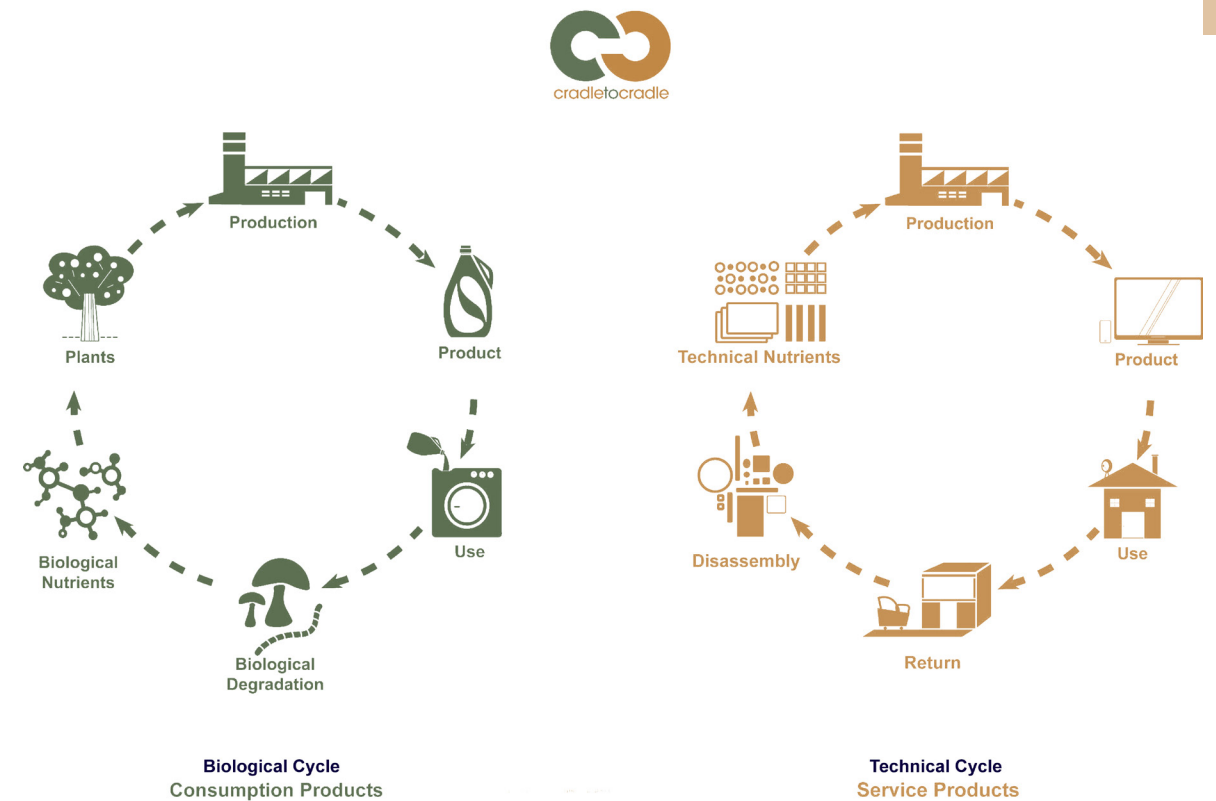
La conception par strates

La conception par strates permet de dissocier des éléments d'un bâtiment. Par ce procédé, il est plus aisé d'intervenir sur une couche de manière indépendante tout au long du cycle de vie du bâtiment. Par extension, cela permet d'intervenir sur une strate du projet sans altérer les strates qui ont une durée de vie plus longue.

Cette méthode de conception permet également de dissocier le rôle de chacune des couches, permettant à chacune de répondre à un besoin particulier.

On peut réaliser un parallèle avec les différentes essences de bois qui, chacune, ont leur particularité.

Certains bois sont plus longs à pousser, ils nécessiteront donc de rester plus longtemps au sein d'un ouvrage pour entrer dans une dynamique vertueuse d'accumulation de CO₂. D'autres ont des meilleurs comportements face aux intempéries, ce qui permet de protéger les autres essences plus fragiles. Enfin certaines sont plus propices au changement, un aménagement peut changer d'une année à l'autre, il faut donc privilégier des bois à croissance plus rapide pour ce cas de figure.

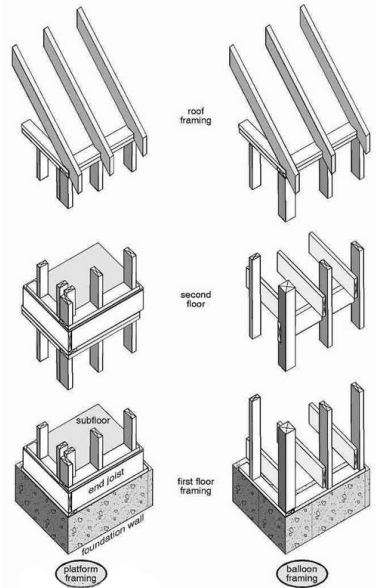


ill 2.36: Schéma de principe de la philosophie «Cradle to cradle».

II.III CONSTRUIRE EN BOIS



ill 2.37: Système de caisson contenant l'isolant.



ill 2.38: Comparaison balloon vs platform frame.

II.III.I Les différents systèmes constructifs

L'ossature est le système constructif le plus répandu. Il constitue plus de 80%¹ des constructions bois actuelles. On l'utilise principalement pour des constructions résidentielles et offre une bonne optimisation de la matière. Une construction à ossature se compose de montants verticaux et de traverses horizontales dans un grand cadre en bois. Ce quadrillage de sections de bois forme des petits caissons, ce qui fait que la paroi est constituée à 90% de «vide».

Selon le rôle attribué, le remplissage des caissons peut prendre plusieurs formes. Si la paroi fait office de façade, les caissons peuvent être remplis d'un matériau isolant pour garantir la continuité de l'enveloppe thermique. Dans le cas où cette paroi est en intérieur, sa performance énergétique n'est pas nécessaire. L'isolation peut donc laisser place au vide et ainsi créer des relations visuelles entre les espaces. Plusieurs variables existent, les deux plus courantes sont le *platform frame* qui consiste à construire étage par étage et le *balloon frame* qui lui a des montants verticaux qui portent du sol à la toiture. L'isolation dans les deux cas se fait entre les montants verticaux espacés de 40 à 60 cm.

Le contreventement est assuré par des planchers et panneaux liés aux éléments du cadre. Les caissons sont ensuite refermés généralement avec des panneaux de bois par l'intérieur. Le revêtement de façade extérieure peut prendre différentes formes (de la brique, enduit, bardage, ...) selon l'esthétique désirée ou simplement répondre à des règles urbanistiques.

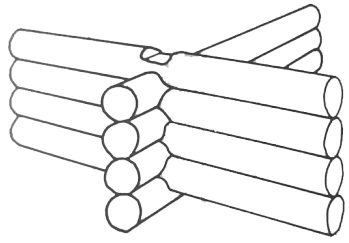


ill 2.39: Contreventement des parois par panneaux OSB.

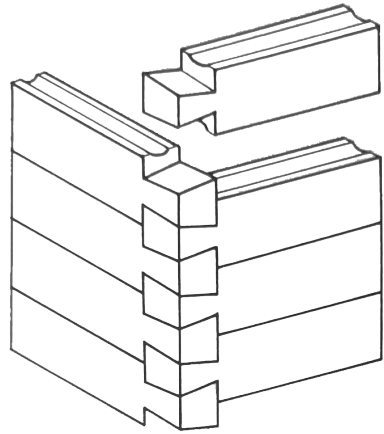


ill 2.40: Isolation dans l'épaisseur de la structure.

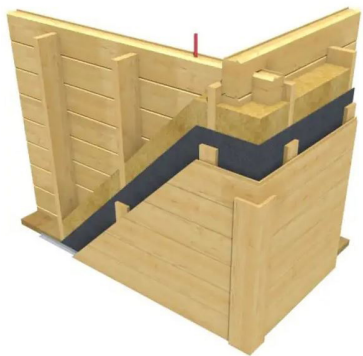
¹Valeur tirée du site de Ligne bois



ill 2.41: Illustration du «Fuste».



ill 2.42: Schéma d'empilement d'un complexe de madriers à coins trapèze.



ill 2.43: Isolation par l'extérieur du madrier.

La construction en bois empilé provient historiquement de la technique du Fuste¹. Elle est constituée de madriers taillés à leurs extrémités, emboîtés et superposés dans la hauteur. Ce sont ces emboitements aux coins qui lui confèrent sa stabilité. Cette technique offre un aspect massif et consomme énormément de bois. De plus, n'étant pas utilisé dans le sens de la fibre, le bois travaille beaucoup moins bien. Ce qui empêche le système de multiplier les étages sur la grande hauteur.

Cette omniprésence de bois se ressent jusqu'à l'habillage intérieur, où l'on préférera généralement laisser les bois de structure apparents en intérieur pour conserver l'aspect bois.

De ce fait, l'isolation se fait par l'extérieur protégée par un revêtement de façade pouvant prendre différentes formes (de la brique, enduit, bardage, ...) selon l'esthétique désirée ou simplement répondre à des règles urbanistiques.

Le point fort du système est dans sa faculté à être naturellement montable et démontable facilement.

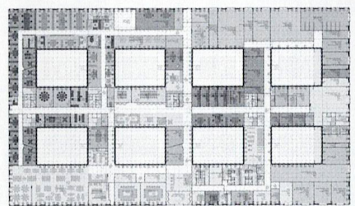
¹ utilisation des rondins de bois à peine écorcés et taillés à la main



ill 2.44: Photo de mise en oeuvre d'un système de madrier à la main.



ill 2.45: Photo du montage d'une maison en madrier au jour 3.



ill 2.46: Plan tramé de la maison administrative de Namur.

Le poteau-poutre fonctionne par le biais d'une trame de poteaux porteurs. Cette structure primaire est secondée par des poutres horizontales ce qui permet une plus grande liberté créative.

En effet, libérés de leur rôle porteur par le report de charge ponctuel que sont les poteaux, les aménagements des parois sont bien moins contraints. Ce procédé permet de larges ouvertures, mais en contrepartie il nécessite une structure secondaire pour contreventer le système. Le placement des façades étant libre, l'isolation peut se faire de différentes manières :

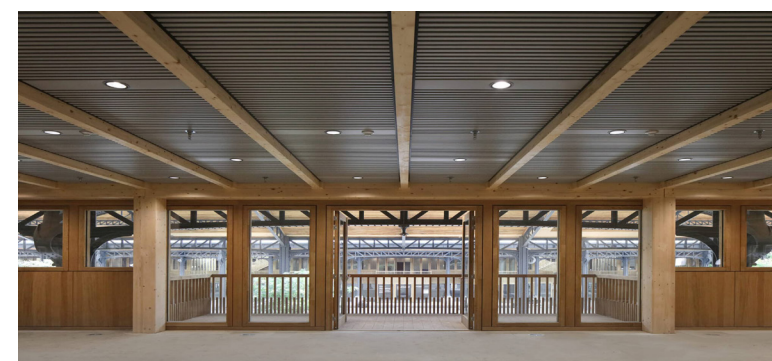
Devant la structure englobant les poteaux dans l'intérieur du bâtiment à l'abri de l'humidité;

Derrière la structure et laisser la trame porteuse à l'extérieur du corps de bâti chauffé (limité par le choix et/ou traitement de l'essence de bois employée) ;

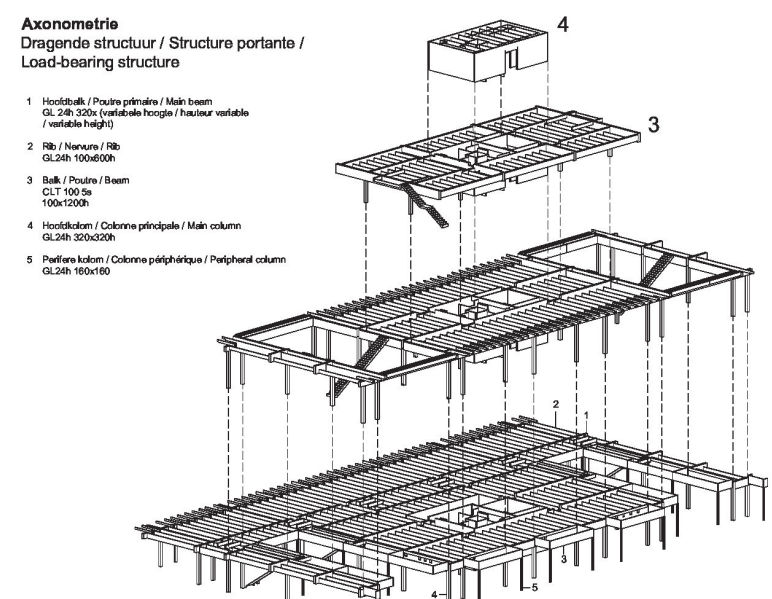
Dans la structure entre les montants verticaux à l'image d'une ossature bois.



ill 2.47: Photo de la façade libre et vitrée de la maison administrative de Namur.



ill 2.48: Photo de la structure primaire d'un module de la gare maritime de Bruxelles.



ill 2.49: Axonométrie de la structure portante d'un module de la gare maritime de Bruxelles.



ill 2.50: Projet de tour «Home, A pile of CLT».

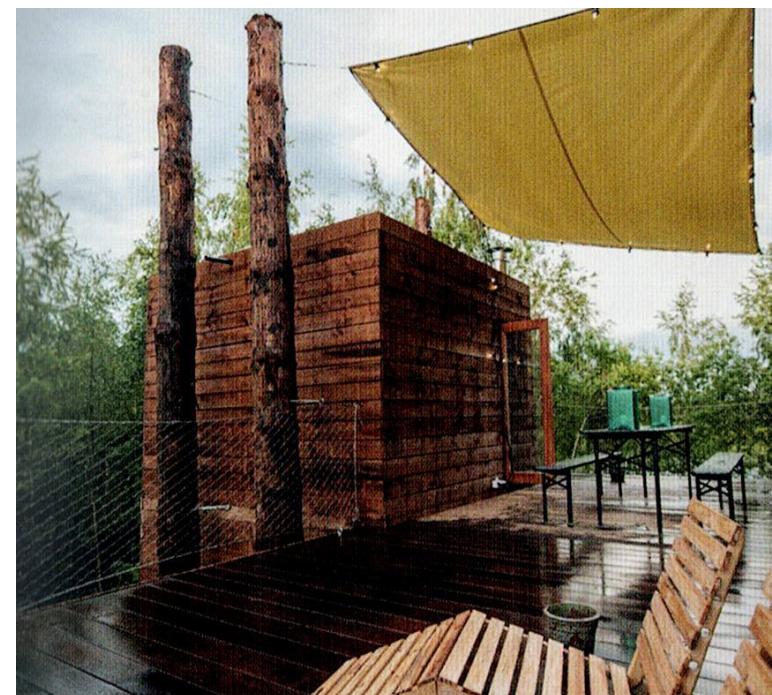
Les **panneaux massifs** sont le moyen le plus récent de construire en bois. Ils offrent une liberté constructive presque aussi vaste que le béton. Le système se compose de panneaux porteurs en bois massif de grandes dimensions pouvant servir tant en mur qu'en plancher ou même en toiture.

Ils sont préfabriqués industriellement à partir de planches de bois massives de quelques cm d'épaisseur. Comme son nom l'indique, les lattes du CLT (Cross Laminated Timber) s'alternent pour garantir une stabilité dans toutes les dimensions. Ces panneaux sont constitués d'un nombre impair de « plis » croisés assemblés par de la colle, des clous ou des chevilles. Cet amas de plis est ensuite organisé dans une presse de grandes proportions pour la fixation de l'ensemble.

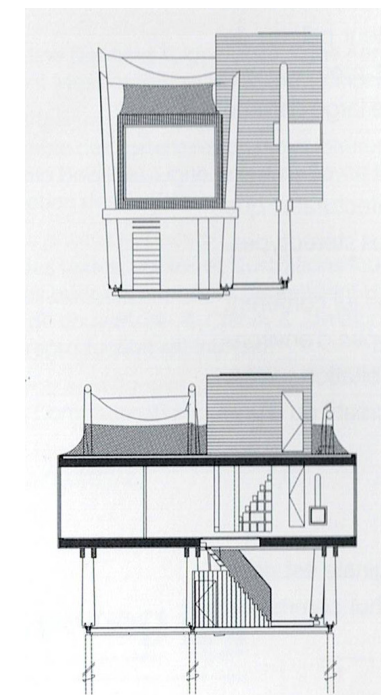
Pour créer une ouverture dans un panneau, il est de vigueur de sortir un panneau plein et de l'évider des percements souhaités. Cette manière de faire provoque une grosse quantité de chutes difficilement exploitables.

Des systèmes alternatifs comme la pose d'un linteau en CLT existent, mais ils affectent l'esthétique intérieure du bâtiment.

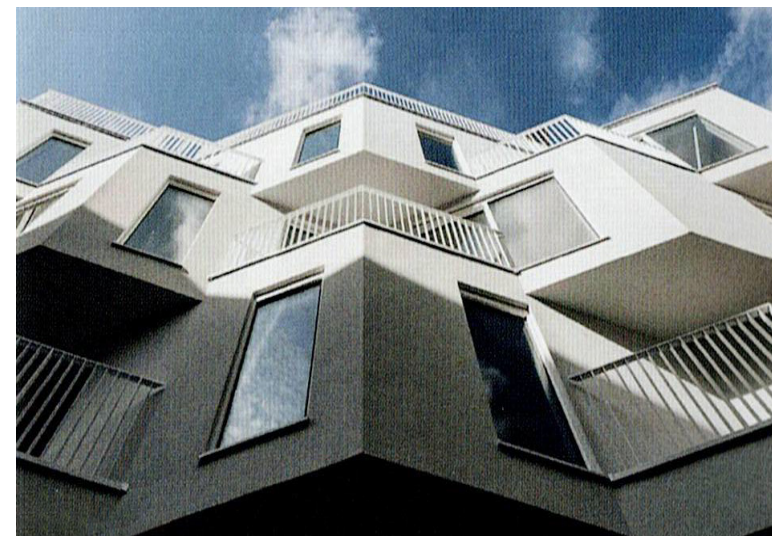
L'isolation se pose généralement en périphérie du bâtiment mais un complément peut se faire en partie intérieure.



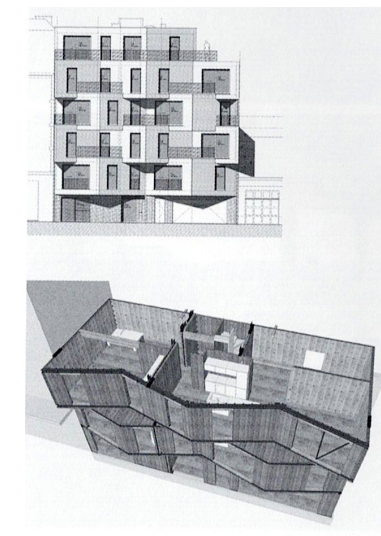
ill 2.51: Photographie d'un projet CLT pour un établissement de loisir à Antoing.



ill 2.52: La boîte en CLT assure la stabilité de l'ensemble.



ill 2.53: Photographie de la façade CLT d'un logement groupé dans Namur.



ill 2.54: Représentations du potentiel structurel du CLT.

II.III.II Comparatif des systèmes constructifs

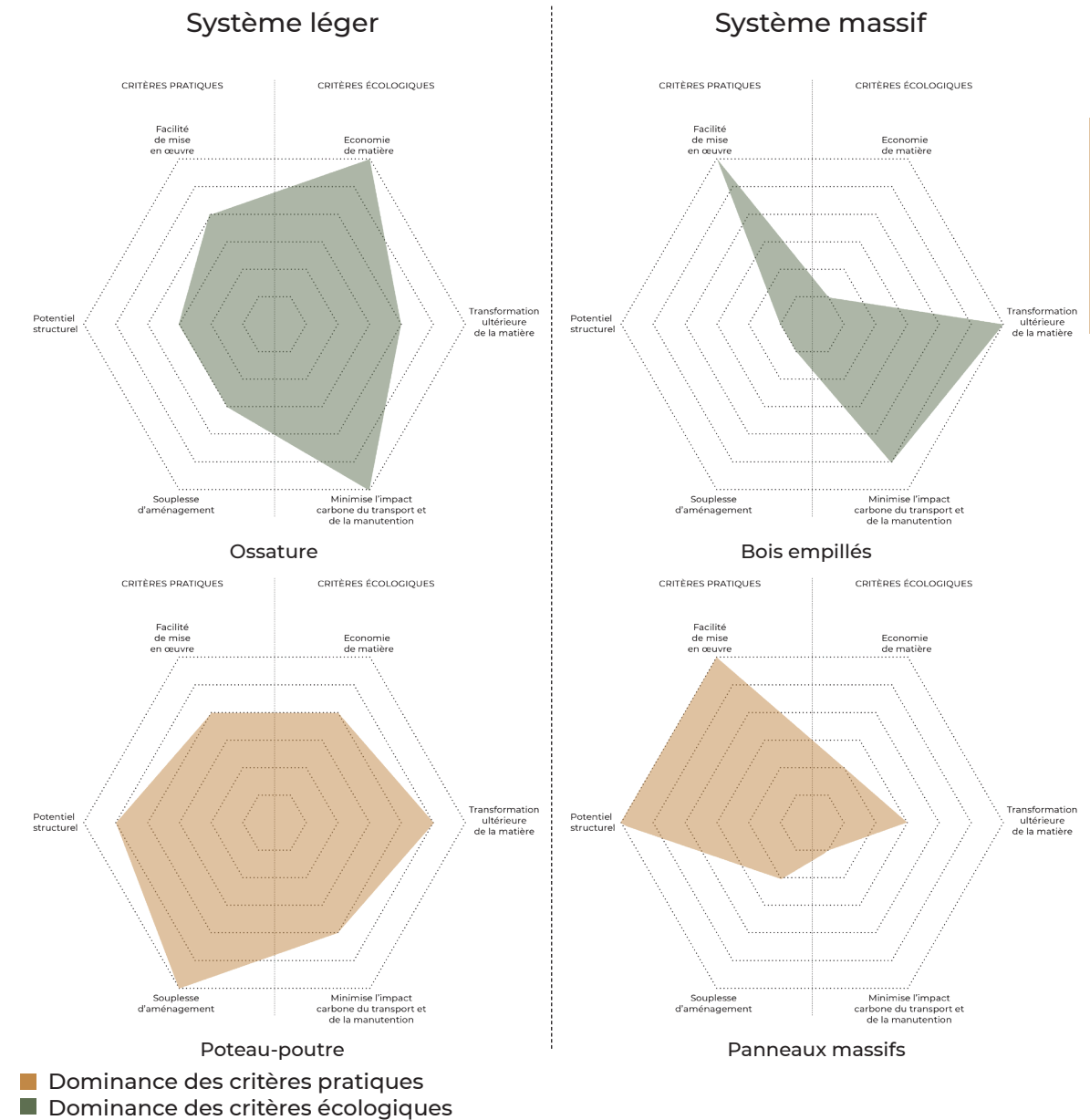
Chaque système a ses avantages et inconvénients. Leur comparaison par le biais de critères est donc intéressante. Ces critères se scindent en deux catégories, les critères pratiques et les critères écologiques.

Au vu des graphiques, on peut remarquer que les systèmes se complètent parfaitement. Les faiblesses des uns sont la force des autres. Dans une optique de valorisation efficace, il serait intéressant d'hybrider les différentes manières de construire pour en tirer le plein potentiel.

L'ossature offre, par le biais de ses caissons, une aisance pour inclure une isolation. Cette faculté est parfaitement appropriée pour la composition d'une façade.

La construction en bois empilés est un système à la mise en œuvre extrêmement simple et à l'échelle humaine. Son utilisation pour la composition de paroi de séparation d'espace est un atout pour la flexibilité des espaces.

Le poteau poutre est propice aux franchissements de grandes portées. Son potentiel d'aménagement est une force dont sont dépourvus ses compagnons. Enfin, les panneaux massifs offrent le meilleur potentiel structurel du quatuor.



ill 2.55: Graphiques comparatifs des systèmes par critères.

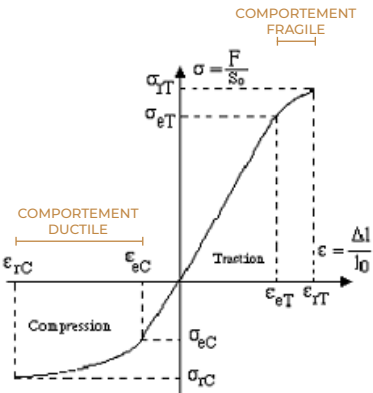
II.III.III La valorisation des systèmes actuels

Pour valoriser le bois dans la philosophie adoptée, il faut repenser les systèmes. Le réemploi du bois pose soucis lorsqu'il est mis en œuvre sans penser au démontage.

De nous jours, la plupart des bois sont collés, cloués et/ ou vissés peu importe le mode constructif. Ces techniques scellent des corps étrangers dans le bois et abiment les machines lors de la redécoupe. Cela ne concerne pas uniquement les panneaux massifs. L'idée serait donc de chercher à préserver leurs qualités tout en intégrant une logique de cycle. Il faut donc les rendre démontables.

Pour répondre à cela, il faut clairement identifier les types de liaisons que l'on utilise lors de la mise en oeuvre du matériau bois.

Le type d'efforts imposés à ce nœud est aussi à prendre en compte lors du choix de l'assemblage. Le bois est un matériau qui peut travailler tant en compression qu'en traction. D'où son utilisation en charpente pour supporter de la flexion (combinaison de traction et compression). Néanmoins, le bois ne dispose pas du même comportement pour ces deux types d'efforts. Il a un comportement ductile en compression et fragile en traction. Les méthodes de liaisons sont donc différentes. Aussi, il faut déterminer si les éléments sont en compression, traction, cisailé ou soumis à la flexion.



ill 2.56: Allure schématique du diagramme contrainte-déformation lors d'un effort de traction et compression.

Type de liaison						
Détail 1-20						
Axonométrie éclatée						
Exemple						

ill 2.57: Inventaire des noeuds structurels en liaison bois-bois.

GÉOMÉTRIE	TYPE D'EFFORT			
	Compression	Traction	Cisaillement	Flexion

ill 2.58: Inventaire des noeuds structurels selon le type d'effort.

II.III.III Les assemblages bois

La construction bois se dresse par la juxtaposition d'éléments assemblés par des nœuds.

Ces jonctions peuvent prendre plusieurs formes :

Les liaisons bois – maçonnerie qui se faisaient principalement pour l'ancrage des poutres dans un mur par un joint de mortier. Cette ancienne technique n'est plus à privilégier car elle n'est pas démontable sans casse.

Les liaisons bois – métal permettent plus de libertés dans la mise en œuvre du bois. Les éléments de jonctions sont plus fins et peuvent même être intégrés au sein de la masse du bois comme une âme de renfort. L'utilisation de rivets, de clous ou même de longues vis n'est clairement pas prévue pour un démontage. En revanche, les écrous, boulons et tiges filetées sont montables et démontables à l'infini.

Les liaisons bois – bois qui peuvent se lier de trois manières. Soit les pièces de bois sont aboutées et collées. Soit les éléments sont liés et bloqués par une clef. Soit le joint tient par un système gravitaire comme la queue d'aronde. Elles ont toutes pour avantage d'avoir le même coefficient de dilatation ce qui répartit la déformation sur l'entièreté du système et sont toutes démontables à l'exception des joints collés.



ill 2.59: Exemple d'une liaison bois-maçonnerie.



ill 2.60: Exemple d'une liaison bois-métal.



ill 2.61: Exemple d'une liaison bois-bois.

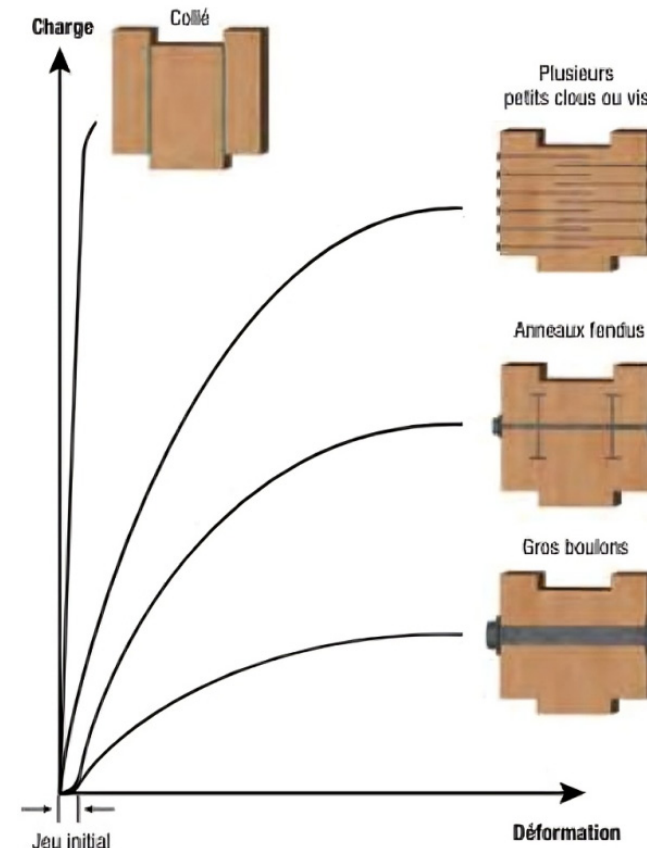
II.III.IV Les liaisons démontables

Pour qu'une liaison soit dite « démontable », elle doit être réversible. Cela signifie que nous devons avoir la possibilité de séparer chaque élément distinctement au moment du démontage de l'édifice. Pour ce faire, l'assemblage se doit d'être dépourvu de colle, de clous métalliques ou tout autre corps étranger scellé en sa masse. Les liaisons maçonnées sont à éviter car le bois est emprisonné dans le mortier. Le bois restera certes intacte après le démontage de l'ensemble. Cependant, le mortier ne pourra pas être démonté sans le briser en petits morceaux et ainsi le rendre « Downcyclable ». Ce qui génère une part de déchets plus conséquente.

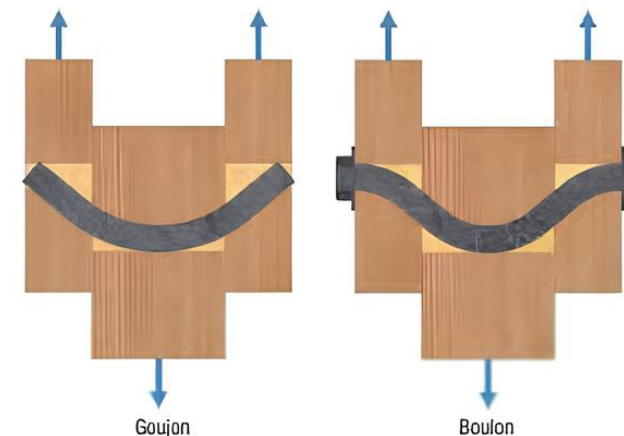
Les liaisons bois- métal sont une opportunité pour le bois dans la mesure où le métal offre un comportement ductile à l'assemblage en traction, ce qui n'est pas le cas de l'assemblage bois - bois.

Ce dernier est pensé de manière réversible depuis son apparition. Le besoin constant de reconstruire les villes au fil des différentes guerres et incendies ont mené à l'utilisation de petites sections de bois. Ce qui a fait fleurir des centaines de manières de l'assembler. Cependant, depuis le siècle dernier, avec l'apparition du béton, le bois a été relégué comme un matériau au potentiel moindre, un sous choix du béton car moins efficace pour une même section. Pour le concurrencer, le bois s'est trouvé optimisé, jouant des colles et imitant le béton armé en ajoutant des renforts

en acier. Le bois a perdu tout son charme et son potentiel au détriment de la performance. Pour retrouver des réponses au potentiel réversible du bois, il faut donc regarder aux origines de la construction bois.



ill 2.62: Déformation d'un assemblage selon le type de liaison.



ill 2.63: Comportement ductile d'un assemblage bois-métal.



ill 2.64: Structure de type colombage.



ill 2.65: Assemblage à queue d'aronde pour madrier.



ill 2.66: Assemblage à mi-bois pour madrier.

II.III.IV Adapter les systèmes à la philosophie C2C

Pour préserver l'éventail des possibilités, il faut repenser les systèmes pour les rendre démontables. En ce qui concerne l'ossature, elle est actuellement fixée à l'aide de vis et de clous. Elle est aussi contreventée à l'aide de panneaux de bois eux aussi fixés définitivement à la structure.

Pour rendre ce système démontable, il faut regarder comment nous faisons à l'époque où les panneaux reconstitués n'existaient pas. La technique utilisée auparavant se basait sur le colombage. Un ensemble de pièces de bois historiquement en chêne qui forment la charpente du mur. Les espaces entre ces pièces de bois sont appelés carreaux qui sont comblés par du torchis.

Repartir du même procédé avec les techniques actuelles serait d'assembler les bois entre eux comme à l'époque mais de combler les carreaux avec de l'isolation à la manière des ossatures de nos jours.

Pour la construction en bois empilé, il n'est pas nécessaire de modifier pour la rendre démontable étant donné qu'elle l'est d'origine.



ill 2.67: Utilisation de techniques artisanales pour l'assemblage des écharpes de contreventement.



ill 2.68: Mise en oeuvre des pans d'ossature bois du chantier pédagogique du Costil.



ill 2.69: Zoom sur les assemblages traditionnels utilisés dans un projet Hôtel, Spa, Restaurant à Comporta.

Pour le **poteau-poutre**, la structure primaire est aisément assemblable en liaisons démontables comme des poutres assemblées en queue d'aronde ou tenon-mortaise sur les poteaux. Cependant, il faudra un des autres systèmes pour créer la structure secondaire qui contrevente.

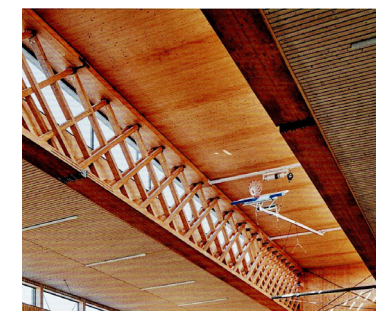


ill 2.70: Ambiance liée à la mise en valeur du bois de réemploi.



ill 2.71: Mixité des bois neufs et de réemploi en structure.

En ce qui concerne les **panneaux massifs**, ils sont assemblés par de longues vis qui ne sont pas prévues pour être démontées. Ces vis autoforantes ont un revêtement particulier à leur extrémité. Elles sont de moins en moins efficaces au fil des utilisations. De plus, les fibres du bois sont écartées lors de la mise en place d'une vis, empêchant la fixation au même endroit d'un nouvel élément. Les bois qui les composent sont soit cloués, soit collés, ce qui empêche aussi leur démontèlement pour que les éléments assemblés retournent à leur état d'origine. Deux pistes sont envisageables. Soit on modifie le principe de panneau massif en travaillant sur base d'une résille de bois comme pour une poutre de type « Town ». Soit on modifie le type de liant. Des recherches sont actuellement faites pour créer du CLT cloué avec des clous en bois. Ces clous sont d'une densité plus importante que les bois qui les réceptionnent. Ce qui facilitera la revalorisation.



ill 2.72: Illustration du système «Town».



ill 2.73: Photos d'une paroi en CLT cloué avec des clous de bois.

ill 2.74: Photo de mise en oeuvre d'un projet en CLT cloué.

PARTIE III : UNE RECHERCHE SITUÉE

III.I ECHELLE DU TERRITOIRE



ill 3.1: Le transport du bois par la voie routière.



ill 3.2: Le transport du bois par la voie ferrée.



ill 3.3: Le transport du bois par la voie fluviale.

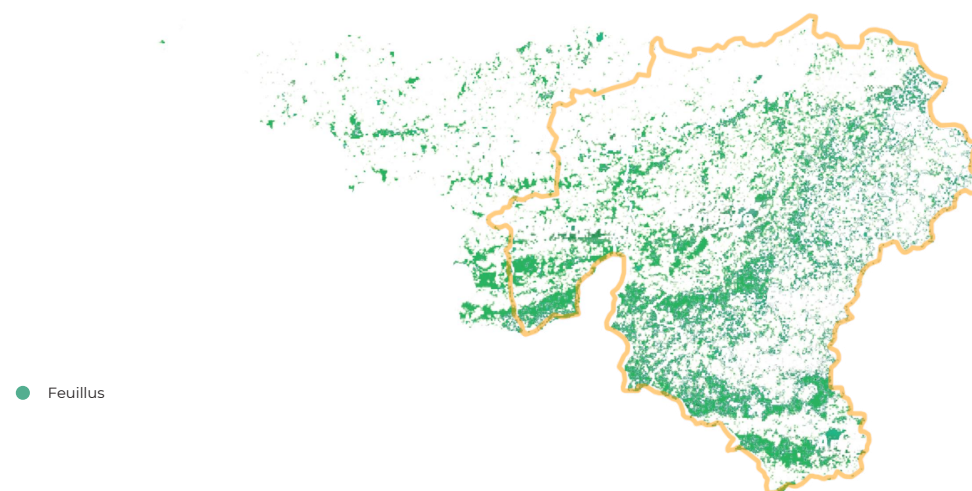
III.I.I Analyse des feuillus sur le territoire wallon

Pour cibler au mieux le lieu où le projet sera le plus pertinent, le bois étant une matière au potentiel multiscalaire, il faut regarder à partir du territoire. Les feuillus représentent la moitié des espaces boisés en Wallonie, soit un sixième du territoire régional. La majeure partie des feuillus est située dans l'Est du pays, les Ardennes belges. Au sein de ces feuillus, la répartition est d'un tiers de chênes pour un tiers de hêtre et le dernier tiers représente les autres feuillus dans des proportions variables. Les principales essences concernées par l'exportation en masse sont le hêtre et le chêne, c'est donc autour de ces deux essences que la recherche du site se tourne.

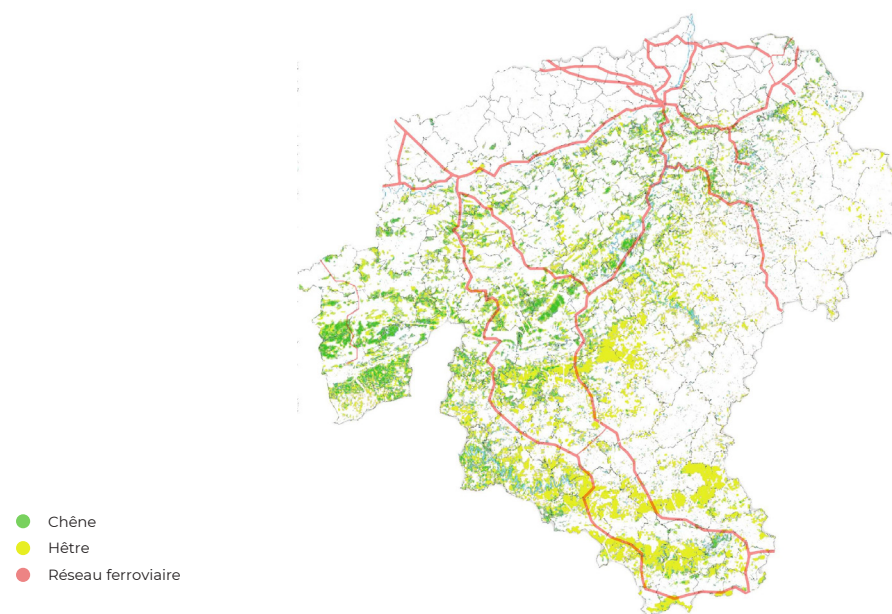
III.I.II Les flux de matière au sein du territoire

De la récolte à la mise en œuvre, actuellement plus de cinquante pourcents de l'empreinte carbone du bois est due au transport. Le bois peut être transporté par trois flux bien distincts. Le réseau routier qui est polluant et économiquement viable (7.2€ pour 100 km³) et permet de distribuer l'ensemble du territoire rapidement. Le réseau ferré qui trame la Wallonie et lie tous ses acteurs, tout en restant une alternative viable économiquement (8.7€ pour 100 km³). Le réseau fluvial est majoritairement privilégié pour transporter des quantités importantes au niveau international. C'est un moyen de transport à faible coût (4.3€ pour 100 km³) , en revanche il se déplace lentement. Le réseau ferré belge est suffisamment développé autour des zones forestières pour servir l'ensemble du territoire. Le projet s'inscrit à proximité du réseau ferroviaire.

¹Chiffres issus du dossier Fiche réflexe 11 – Transport des bois



ill 3.4: Concentration des feuillus dans les Ardennes belges.



ill 3.5: Carte du réseau ferré de l'Est du pays avec les essences de bois à valoriser.

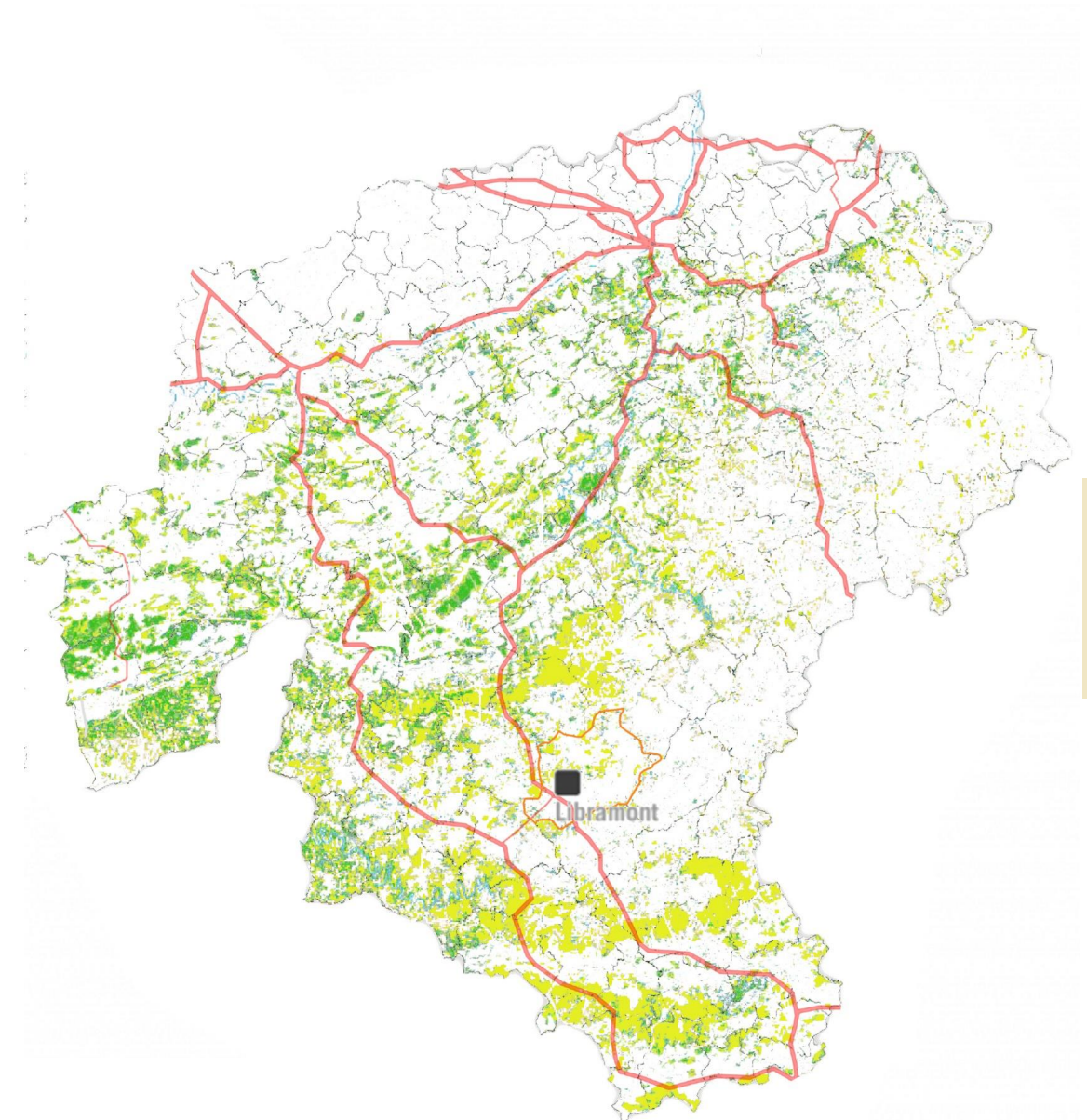
III.I.III Les lieux de savoir

Le bois n'étant pas un savoir-faire fort mis en avant dans nos contrées, le savoir-faire s'est peu à peu perdu. Le choix s'est porté sur une localité proche d'un centre de formation où les travailleurs du bois pourront se former afin d'exercer sans traverser tout le pays.

Sur les 17 centres de formation en Wallonie, seuls 2 disposent de formations adaptées au domaine de la construction bois : L' IFAPME de Gembloux et l'IFAPME de Libramont.

Pour départager les deux zones d'intervention potentielles, il est préférable de regarder quel contexte est le plus propice au développement de la filière.

Contrairement à Gembloux, la ville de Libramont dispose également du Forem Wallonie Bois ainsi que de la Foire de Libramont. Cet événement met en avant l'agriculture et les métiers autour du bois. L'afflux de visiteurs lors de cet événement est un atout majeur pour la valorisation de la filière bois en Wallonie par la mise en valeur des acteurs présents sur la foire. De plus, au vu de la position au cœur des Ardennes de Libramont, il sera bien plus intéressant de travailler sur cette commune.



- Chêne
- Hêtre
- Réseau ferroviaire
- Centre de formation axé construction bois

ill 3.6: Localisation de la commune cible pour l'expérimentation de la recherche.

III.II.I Repérage des acteurs de la filière

Pour mieux s'inscrire dans une démarche locale, il est nécessaire de prendre connaissance des acteurs à proximité. Un bon nombre d'acteurs sont déjà présents dans la commune et ses abords. Le projet n'aura donc pas besoin de scier son propre bois. A l'heure actuelle, les scieries tournent à 65% de leur régime. L'intervention s'intégrera donc à une maille de la filière déjà existante.

III.II.II Inventaire forestier de la commune

Afin de connaître plus précisément les ressources à disposition sur le territoire, un inventaire forestier fut dressé. La méthode de recherche a été faite par le biais du site de référencement et des fiches essences du site « Wallonie environnement SPW ».

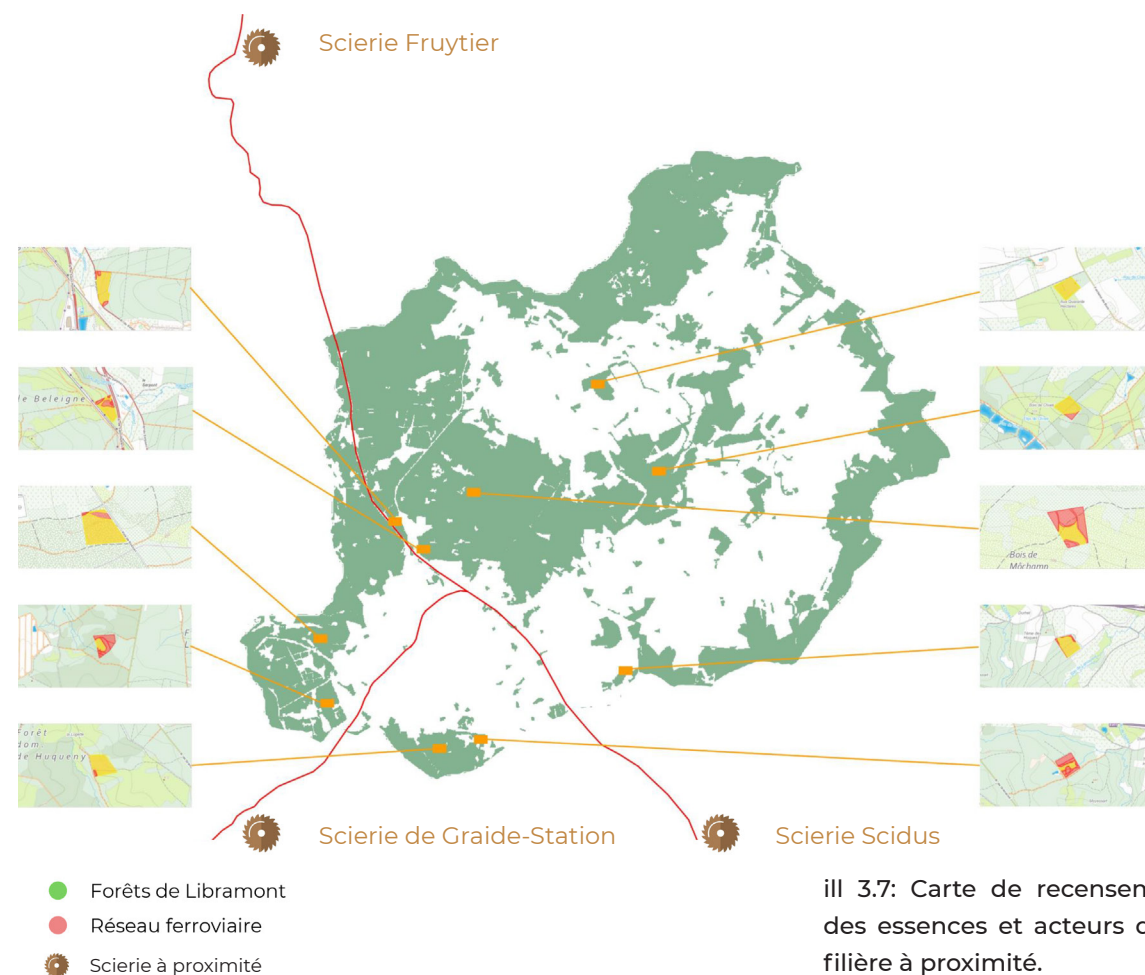
Les essences ont été répertoriées sur un échantillonnage de divers types de forêts de la région pour connaître leur composition et ainsi en déduire non seulement les essences disponibles sur le territoire mais aussi leur abondance (recensement en annexe 4).

Parmi les feuillus, le hêtre, chêne, bouleau, sorbier et peuplier sont les plus fréquemment répertoriés.

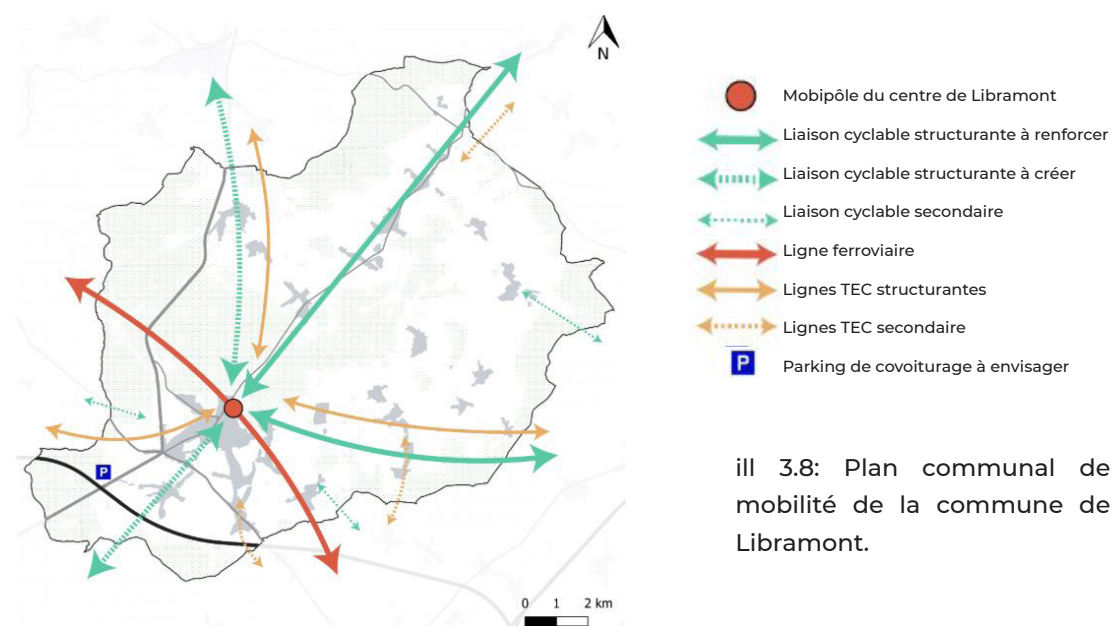
III.II.II Plan communal de mobilité

La commune de Libramont a pour objectif de renforcer les liaisons entre les villages¹. Pour cela, il est prévu de renforcer les pistes cyclo-piétonnes menant et traversant le cœur de Libramont. La mobilité est donc un enjeu du projet à prendre en compte lors de la conception.

¹Information issue du dossier Plan communal de mobilité de commune de Libramont-Chevigny – phase 3 (2023)



ill 3.7: Carte de recensement des essences et acteurs de la filière à proximité.



ill 3.8: Plan communal de mobilité de la commune de Libramont.

III.III ECHELLE URBAINE



ill 3.9: Plan de recensement des sites à réaménager de la ville de Libramont.



ill 3.10: Plan de secteur de la ville de Libramont.

III.III.I Analyse urbaine

Si on zoome à l'échelle de la ville, on peut apercevoir quelques éléments majeurs. La ville dispose, en son cœur, d'une masse boisée piégée. Aussi, on peut clairement distinguer que la ville est scindée en deux par la voie ferrée. Perpendiculairement à cette voie, un axe national dessert la ville du Nord au Sud. Un grand espace qui est dédié à la foire de Libramont : évènement agricole et forestier. On distingue encore un triangle de retournement qui n'est plus utilisé aujourd'hui.

Dans une optique de ne plus artificialiser de terres, penchons-nous sur les sites à réaménager de la ville. L'un d'entre eux marque fortement le paysage, il s'agit du triangle de retournement de la gare. Le plan de secteur nous permet d'obtenir des informations complémentaires : le triangle de retournement étant une zone ferroviaire, il est en zone blanche et donc non attribué au plan de secteur; une large partie du plan de secteur est dédiée aux ZACC¹. Elles corréleront avec l'évolution constante de la ville qui n'a cessé de croître. Celles qui ne sont pas urbanisées sont destinées au secteur résidentiel en rapport avec les objectifs de la ville. Il y a donc une demande latente de nouvelles constructions et donc de matières à mettre en œuvre.

¹ Zone d'aménagement communal concerté.

III.III.II Les objectifs de la ville

Libramont connaît une évolution constante de la population. La ville souhaite œuvrer pour le mieux et il est dans son intérêt de renforcer le pôle résidentiel pour continuer à croître. Dans la mesure où la population augmente, il faut aussi développer l'économie de la ville. Ce développement passe principalement par la valorisation des activités des zones forestières.

III.III.III La circulation cyclo piétonne

Comme cité précédemment, la ville est scindée en deux par la voie ferrée. Les deux seuls accès sont distants de plus d'un kilomètre et ne sont clairement pas pensés pour une circulation cyclo piétonne. En adéquation avec le plan de mobilité, il est nécessaire de créer une voie sûre pour ce public.

III.III.IV Synthèse de la recherche située

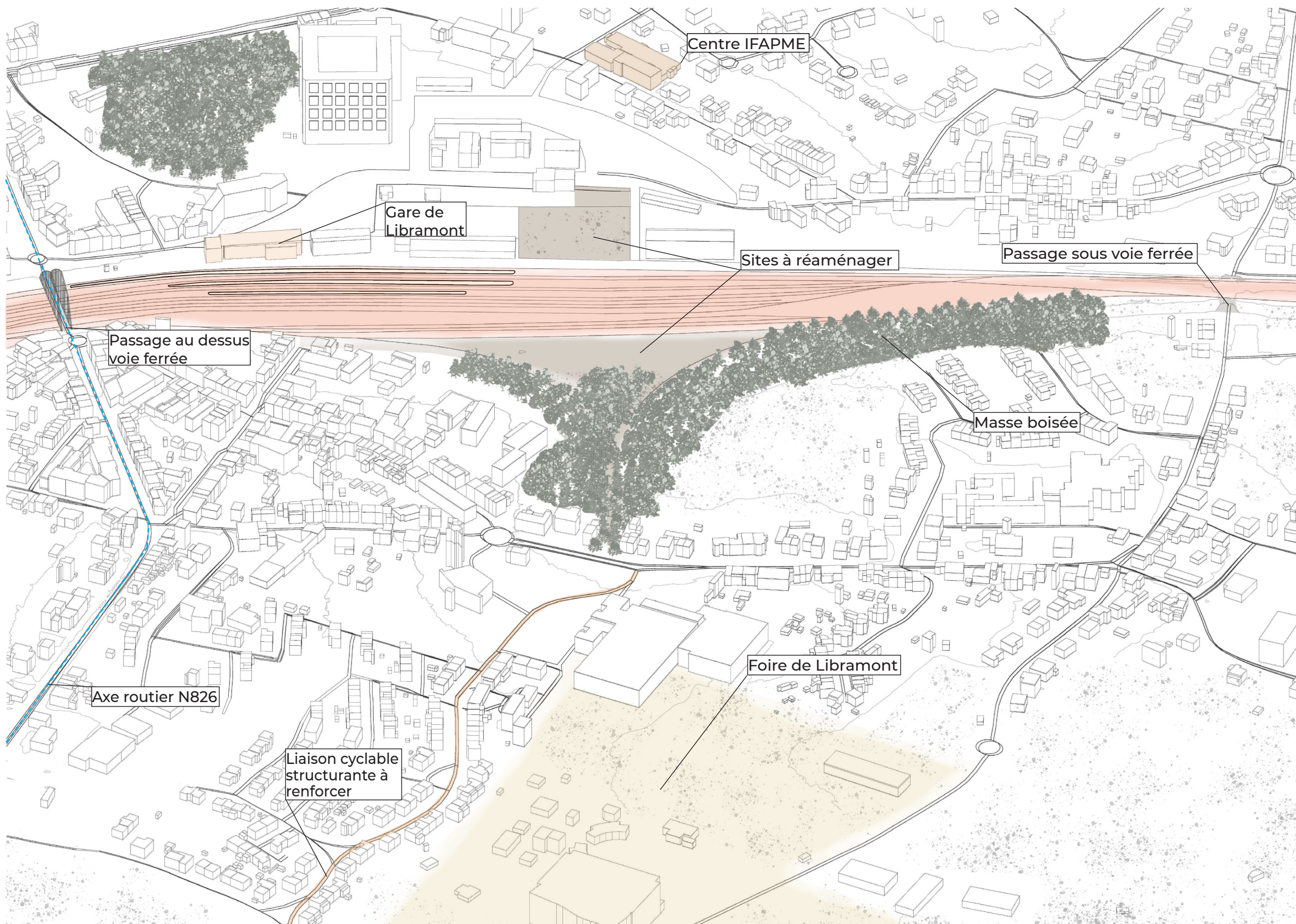
Le projet va donc se constituer d'une part d'un lieu de valorisation du bois de feuillu par la création d'un atelier de réemploi du matériau bois. Par ailleurs, cet atelier va accueillir un flux cyclo-piéton qui permettra de montrer et de mettre en perspective la valorisation de la matière localement aux yeux des habitants locaux. Le fait de créer un projet en bois à proximité de la gare de Libramont fait écho au passé de celle-ci. Historiquement, la première gare de Libramont était en bois, mais il ne reste aucune trace de cette époque.



ill 3.11: Photographie du passage des voies à l'Est de la ville.



ill 3.12: Photographie du passage des voies à l'Ouest de la ville.



III 3.13: Analyse urbaine de la ville de Libramont.

PARTIE IV : INTERVENTION ARCHITECTURALE

IV.I ORGANISATION PAR FLUX



ill 4.1: Photo du côté place du triangle de retournement.

IV.I.I Accessibilité de la passerelle

Dans un premier temps, déterminons les points d'accès de ce franchissement. La passerelle liant la gare à la place, il est nécessaire d'avoir les extrémités de l'ouvrage d'art à proximité de ces deux lieux forts de la ville.

Au niveau de la place, une percée dans la maille urbaine invite le regard. Il s'agit en réalité de l'extrémité du triangle de retournement qui historiquement allait jusqu'à la place. Ce triangle n'est cependant pas accessible depuis la place dû au dénivelé.

Du côté de la gare, les flux cyclo-piétons se concentrent sur le chemin qui vient de la gare et borde la route. Ce chemin dirige également vers les centres de formations IFAPME et Wallonie Bois.

Si on trace le chemin le plus court pour franchir de la place jusqu'au chemin. L'autre extrémité se situe sur un parking qui est sur la liste des sites à réaménager comme le triangle de retournement. Les hauteurs de sol de part et d'autres du franchissement permettent de franchir sans pente le site de la gare dû à la topographie.

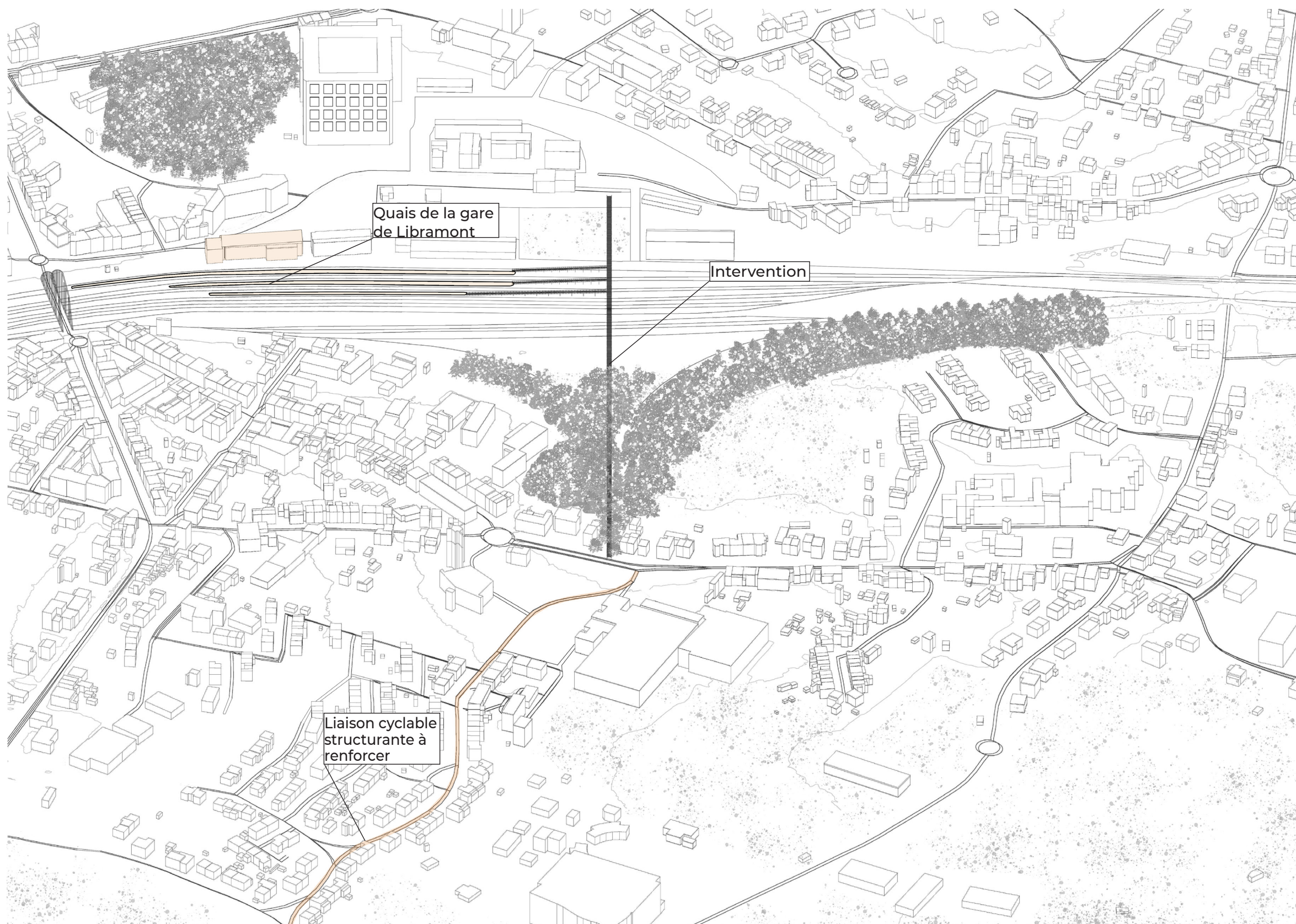
Pour améliorer le transit entre la passerelle et la gare, les quais de cette dernière sont reliés par des pentes douces à l'ouvrage d'art.



ill 4.2: Photo de la maille urbaine côté place.



ill 4.3: Photo du parking côté gare.

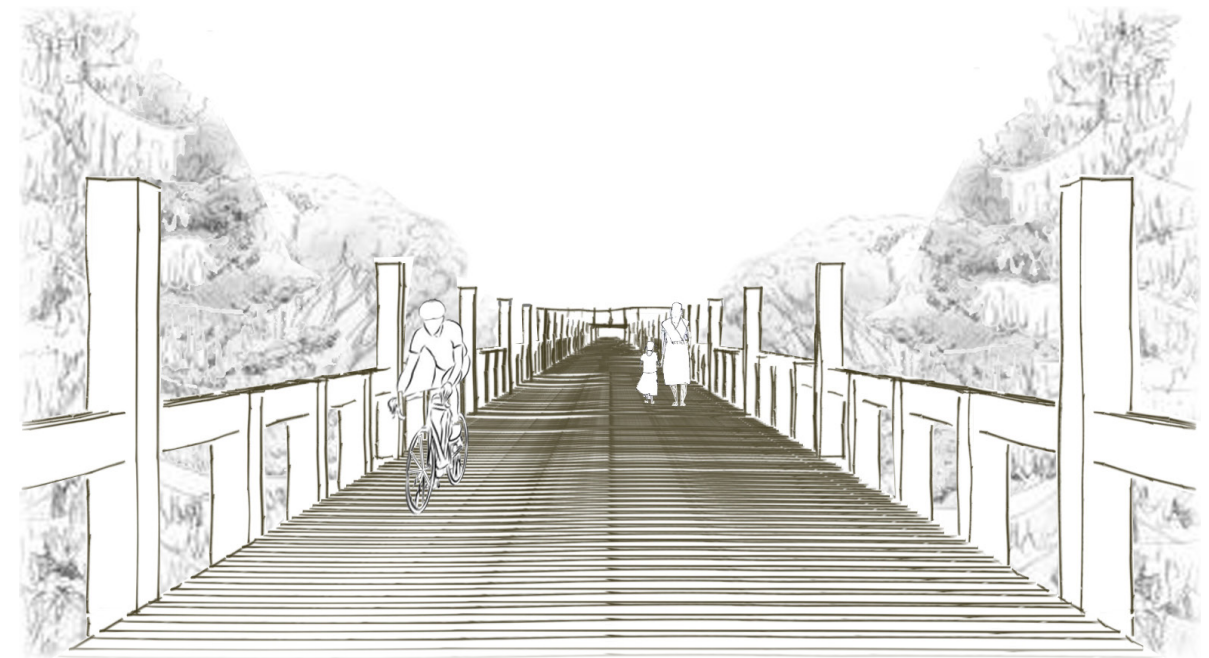


Ill 4.4: Résolution de la mobilité
cyclo-piétonne.

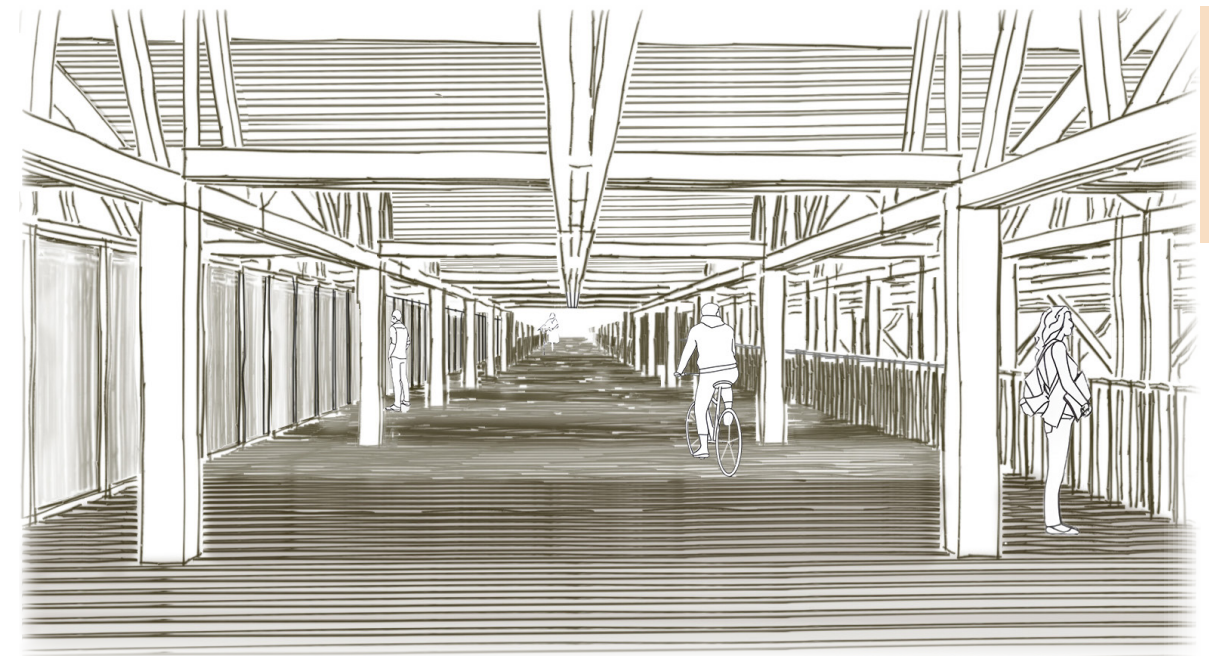
IV.I.II Un franchissement, plusieurs ambiances

La passerelle est tramée par divers paysages et ambiances successifs. De la gare jusqu'à la place, elle sera séquencée par le franchissement des voies, la vue sur l'atelier de revalorisation pour enfin finir par une balade dans les cimes.

La balade sur ce projet sera une réelle expérience culturelle axée sur la filière. On pourra percevoir tantôt la vie de l'arbre avec la faune et la flore qui l'entourent, le façonnage de cette matière en matériau, son potentiel cyclique mais aussi prendre conscience du temps qu'il faut pour que le bois passe de matière à matériau en montrant clairement le stockage du bois qui sèche durant plusieurs années. Pour une fluidité plus accrue au niveau de la gare, les quais existants pourraient venir rejoindre et tramer la passerelle. Le projet, en mêlant passage et apprentissage, prend une double utilité au sein de la ville de Libramont.



ill 4.5: Perspective de la passerelle dans les cimes.



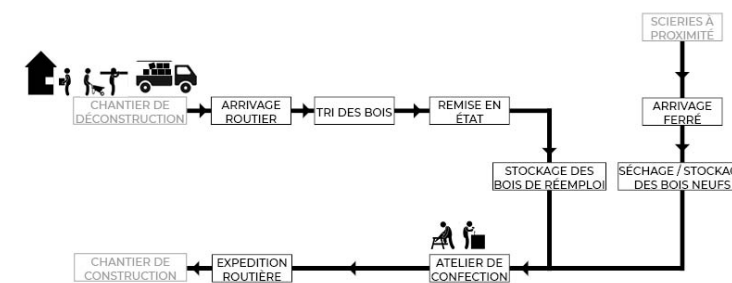
ill 4.6: Perspective de la passerelle dans le bâtiment.

IV.I.III La circulation cyclo-piétonne dans le projet

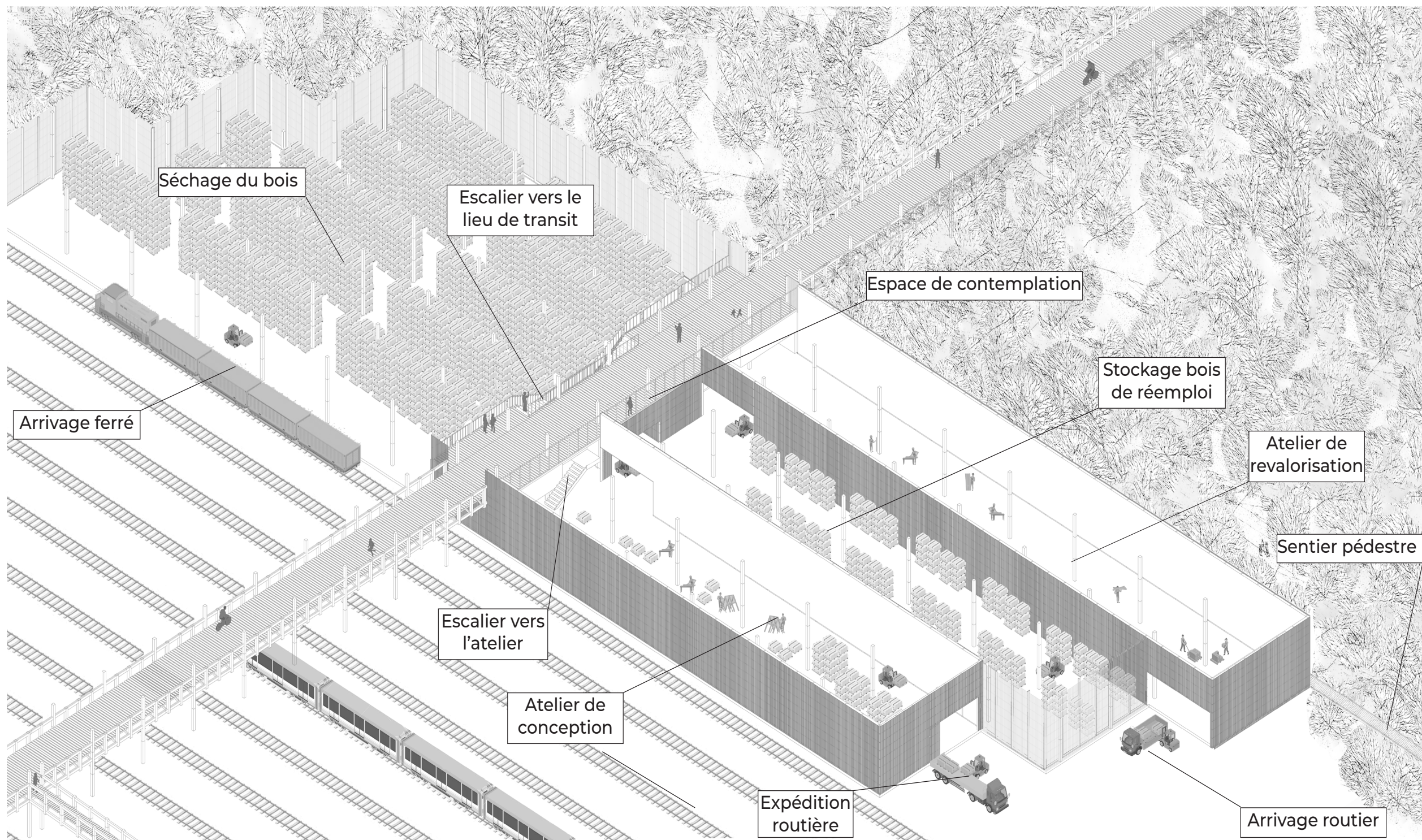
La passerelle étant destinée tant aux travailleurs qu'aux passants, elle nécessitera un travail particulier au niveau des flux provoqués par les différents usagers. Il y aura le flux des cyclistes qui passeront sans faire escale. D'où la nécessité de prévoir une voie à part. Le flux des piétons quant à lui, sera plus lent et propice aux arrêts ponctuels au fil des ambiances qui se succèdent et trament la traversée. La passerelle se composera donc d'une épaisseur de voie cyclable bi-directionnelle ainsi que d'une voie piétonne qui permettent de s'arrêter regarder un train qui passe, le bois qui réssuye ou même la faune dans les arbres. En ce qui concerne les travailleurs, ils peuvent venir de part et d'autres de la passerelle. Il leur suffira d'emprunter le chemin piéton pour accéder via un escalier, à une plateforme qui fait le seuil entre espace de travail et contemplation. Au cas où le travailleur vient en voiture, des places de parking sont prévues à proximité sur site et il est mené au bâtiment par le biais d'un sentier pédestre. Celui-ci mène à une rampe permettant aux PMR d'accéder à l'intégralité du projet.

IV.I.IV Les flux de matières au sein du projet

La matière est acheminée sur site par deux moyens de transport. D'une part, l'apport de matière première, les bois de feuillu, qui arrivent principalement par voie ferrée pour se connecter à tout le territoire Wallon. La voie ferrée permet de connecter l'atelier à la scierie « Fruytier » qui est sur la même ligne à quelques kilomètres au Nord. D'autre part, un flux routier qui se fait par une route déjà présente sur site et sécurisée par une grille. Ce flux sera plutôt dédié aux transports de matière de proximité tels que la construction et déconstruction de bâtiments dans une optique de réemploi de la matière. Il faut donc que l'atelier ait un accès à la fois à la voie ferrée mais aussi à la route existante. Tant pour les arrivages que pour l'expédition des matériaux. L'idée est de faire une boucle dans la conception même du bâtiment afin de faciliter les transports.



ill 4.7: Schéma du circuit de la matière dans le projet.



ill 4.8: Axonométrie d'organisation générale des flux au sein du projet.

IV.II LES ESPACES DE TRAVAIL

IV.II.I L'atelier de revalorisation

Cette partie du projet se doit d'être la plus linéaire possible. De cette manière, la matière circule de façon optimale. La première étape est le tri. Dans un premier temps, on regarde ce qui est réemployable tel quel, sans transformation, avec simplement un nettoyage ou rabotage des pièces. Pour ce qui est des éléments trop abimés par l'usage ou même le démontage, un travail de redécoupe est de vigueur. Selon les cas de figure, il y a deux destinations possibles. Soit ils retournent en bois structure sous forme de section moins élevée à d'autres endroits du bâtiment. Soit ces éléments de sections plus fines trouveront leur valorisation dans l'ameublement ou même le parquet comme sont valorisés les bois de feuillus actuellement. Dans les deux cas, les chutes de découpe serviront de bois énergie pour le fonctionnement de la chaufferie.

IV.II.II Le stockage de la matière

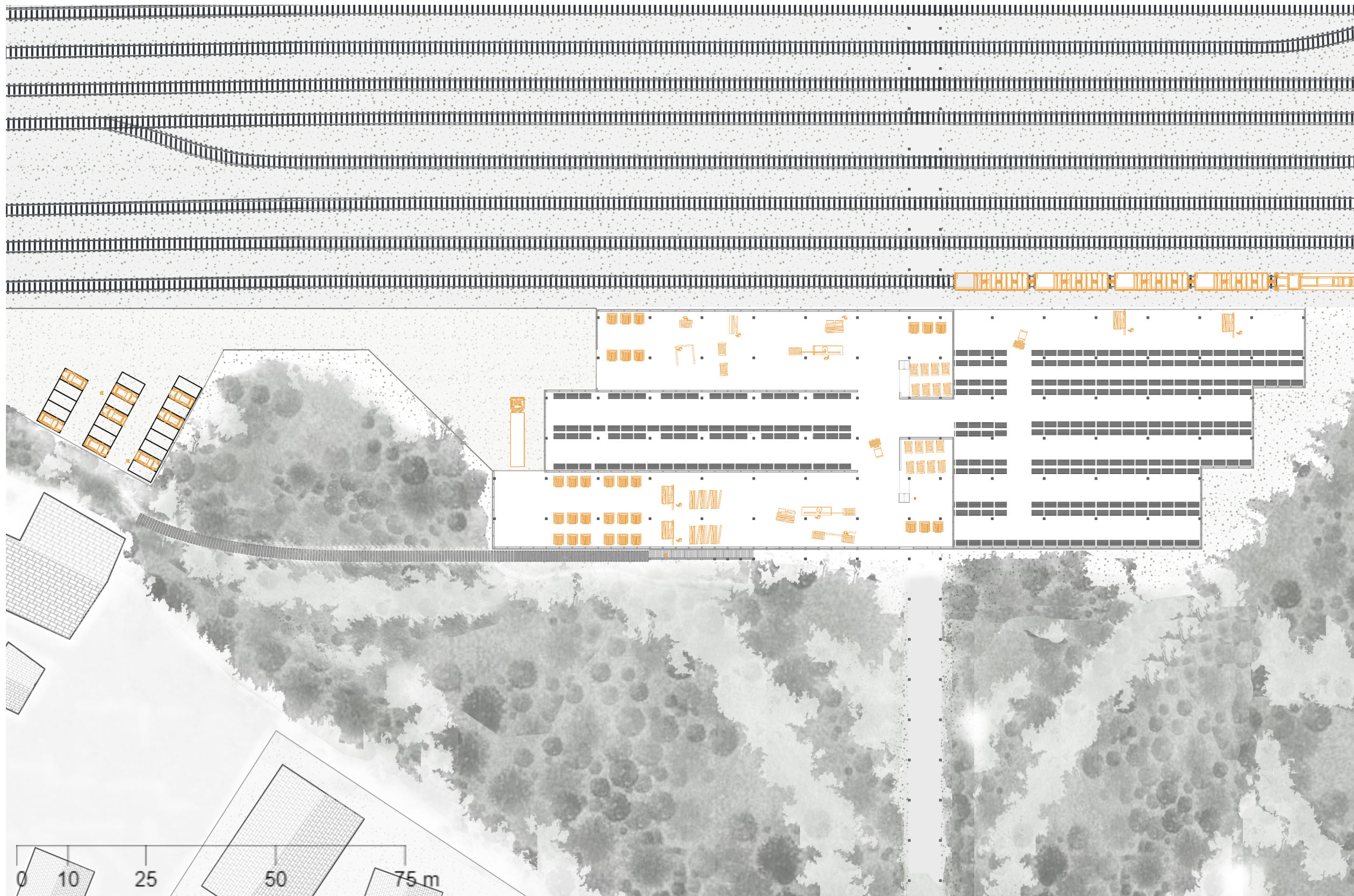
Le bois étant un matériau vivant, il lui est nécessaire de subir une opération appelée ressuyage durant laquelle il perd de son humidité au contact de l'air extérieur. Il est primordial de prévoir un espace assez large pour stocker ce bois sur le plus ou moins long terme. Le bois mettant un temps plus ou moins variable selon l'essence et l'épaisseur de la pièce de bois, une moyenne de quatre années a été prise comme base de calcul pour dimensionner le stockage.

IV.II.III L'atelier de création

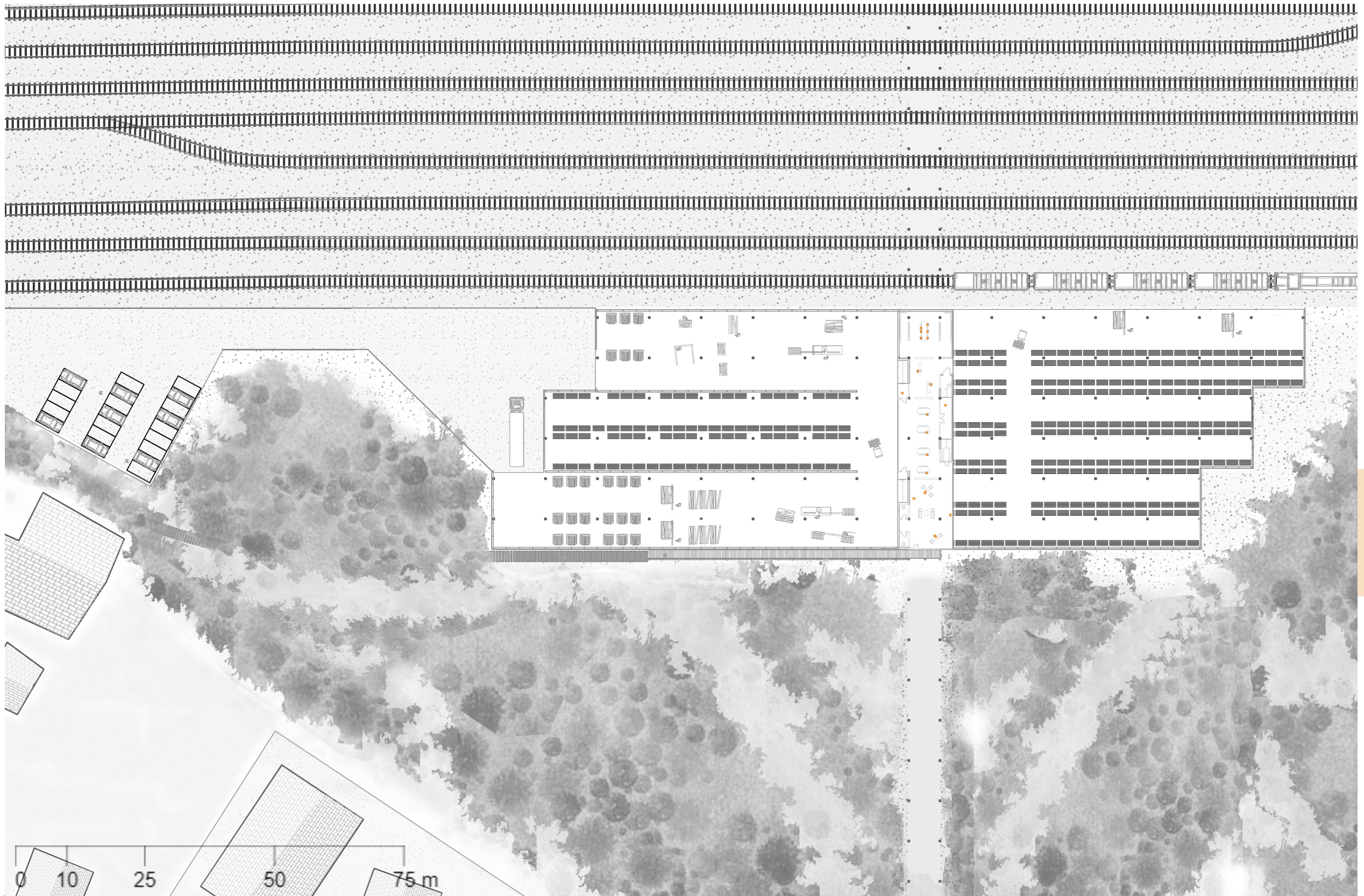
Tout comme l'atelier de revalorisation, cette partie du bâtiment se doit d'être assez rectiligne. Les bois suivent en effet un processus de transformation linéaire. Une fois usinées, les sections sont assemblées pour vérifier leur bon raccord. En cas d'un assemblage satisfaisant, le reste du processus consiste simplement à démonter et entreposer les bois dans un sas d'expédition.

IV.II.IV Le lieu de transit

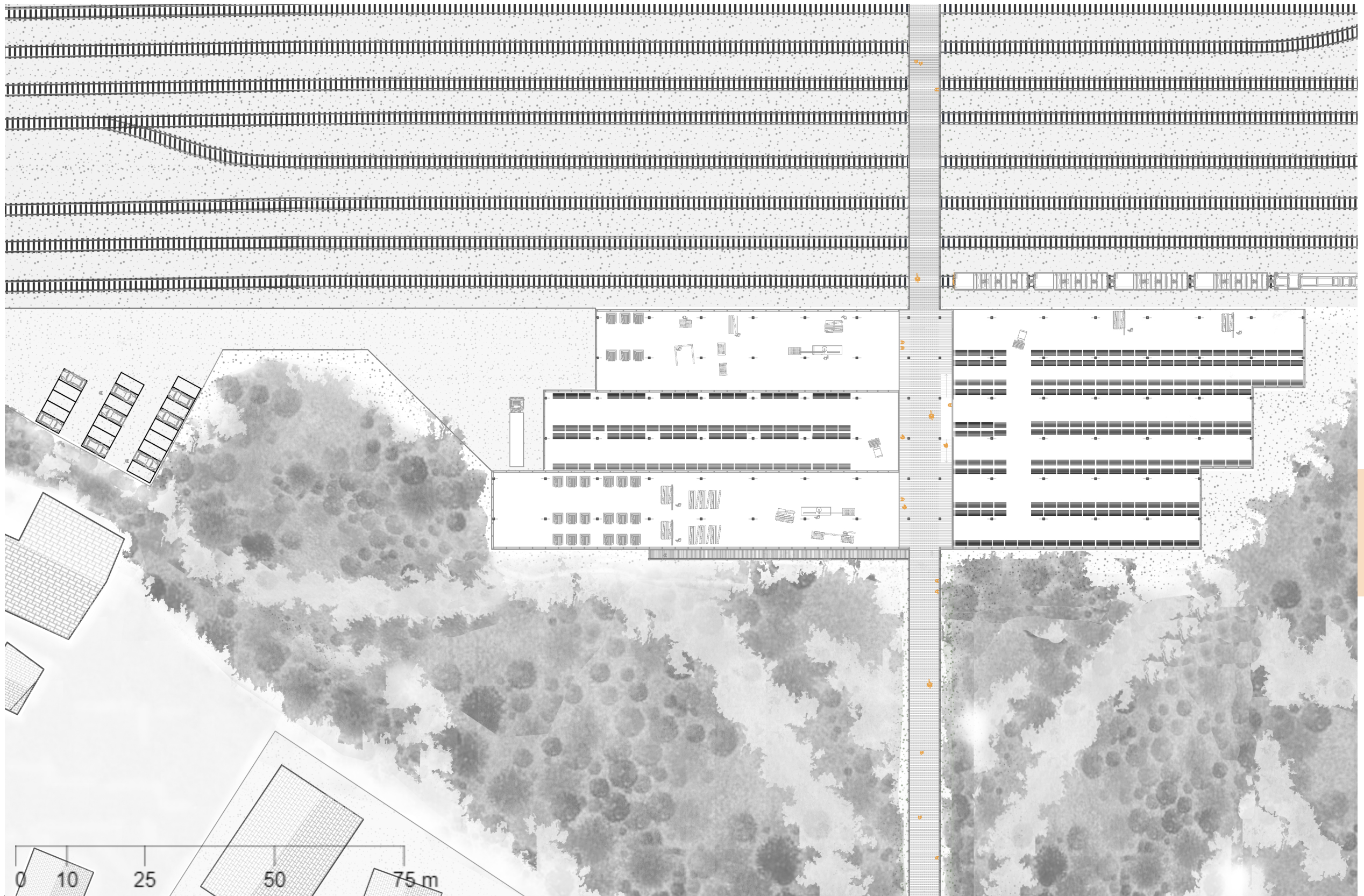
Toutes ces parties du bâtiment sont ammenées à recevoir un public qui y travaille activement. Le bois étant un matériau volatile, il est nécessaire de prévoir un espace pour se changer et se restaurer. Un lieu transitoire entre la passerelle et le stockage des outils est prévu à cet effet. Il contient également la bureautique nécessaire pour gérer la logistique d'un tel complexe.



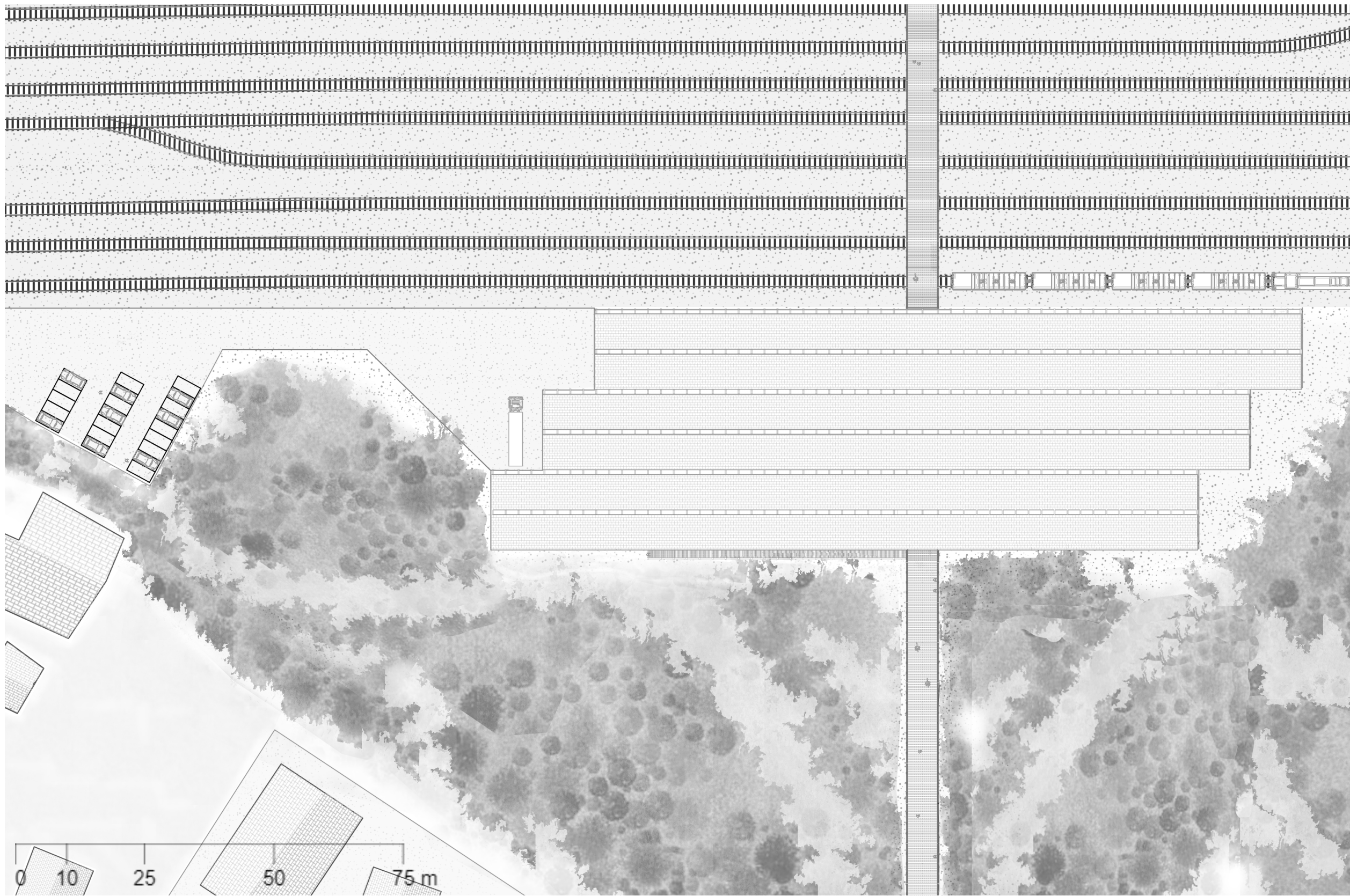
ill 4.9: Plan du rez de chaussée.



ill 4.10: Plan du R+1.



ill 4.11: Plan du R+2.



ill 4.12: Plan de toiture.

IV.IV.1 La place de chaque système

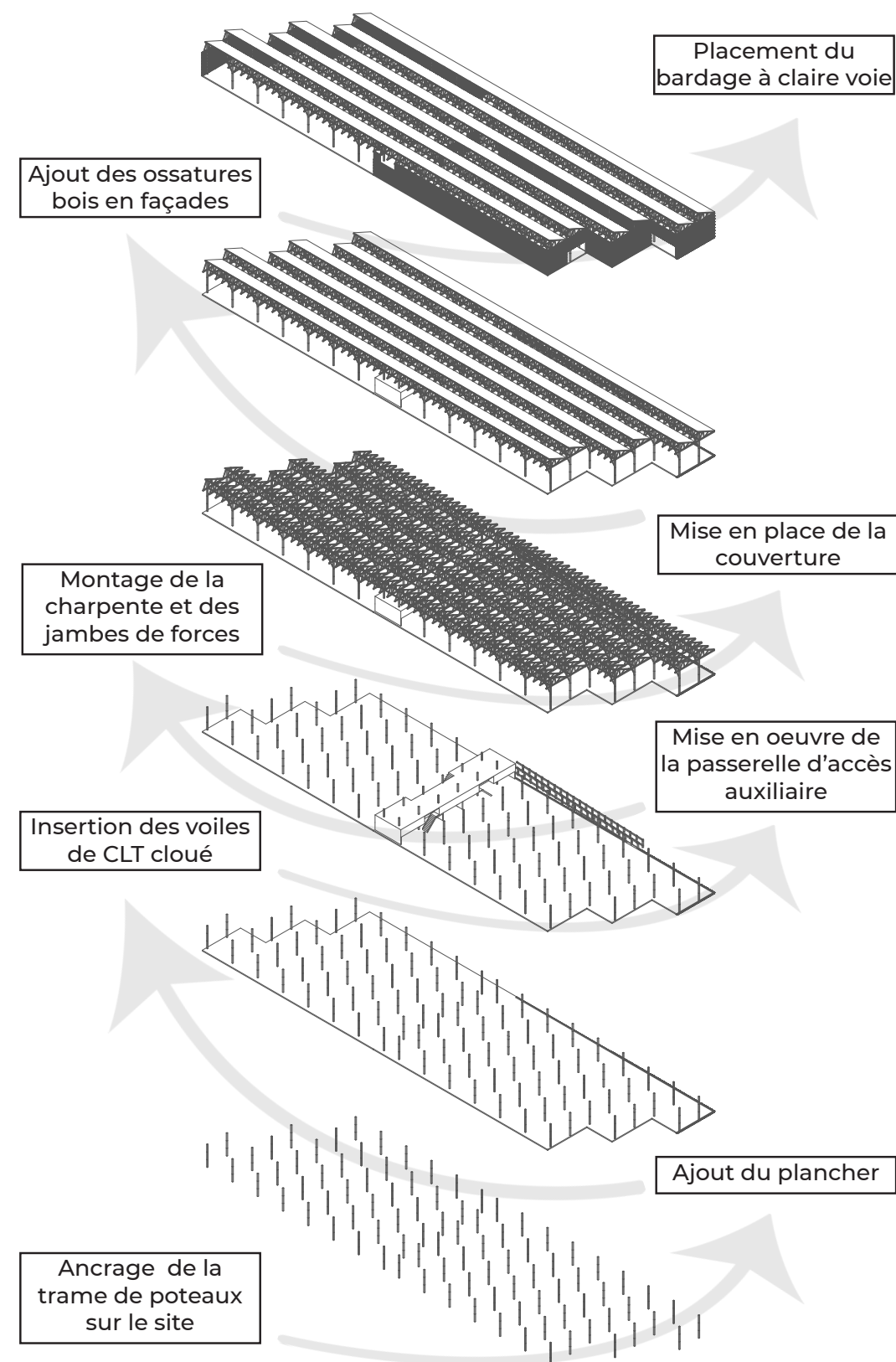
Le projet se composant de plusieurs couches, chaque épaisseur aura des besoins différents. Ainsi, la structure primaire sera composée d'une trame de poteau poutre suivant le rythme de la passerelle. Ce procédé permettra d'incorporer, en son sein, les différents systèmes des strates restantes.

L'enveloppe thermique sera assurée par des façades en ossature bois. Ne devant assurer que son propre poids et étant accroché du sol au plafond, le complexe d'ossature sera pensé comme un *balloon frame*.

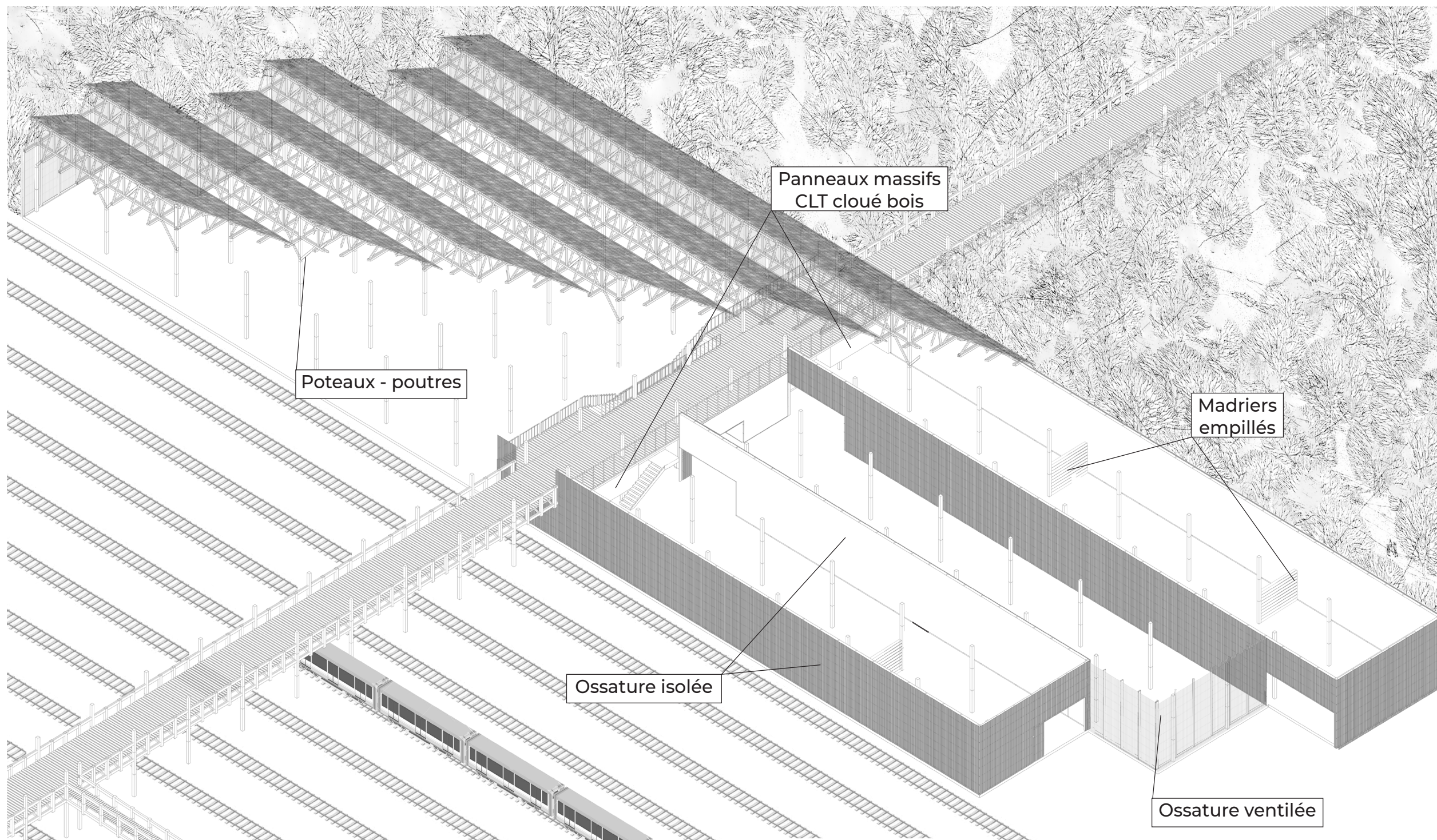
L'espace chauffé en partie supérieure est un assemblage de boîtes avec des ports à faux. Cette mise en œuvre particulière demande un haut potentiel structurel que seule la construction en panneau massif procure.

Ces deux types de structures seront ammenées à être thermiquement isolées. Afin de rendre le bâtiment éco-conçu dans son ensemble, les isolants biosourcés sont de vigueur¹. Enfin, les ateliers de bois de réemploi doivent traiter de manière variée les matériaux qui arrivent. C'est pourquoi les parois de séparation des espaces dans les ateliers peuvent être déplacées rapidement pour réaménager l'espace au sol pour subvenir aux besoins. Ainsi la construction en madrier se porte parfaitement à ces modifications.

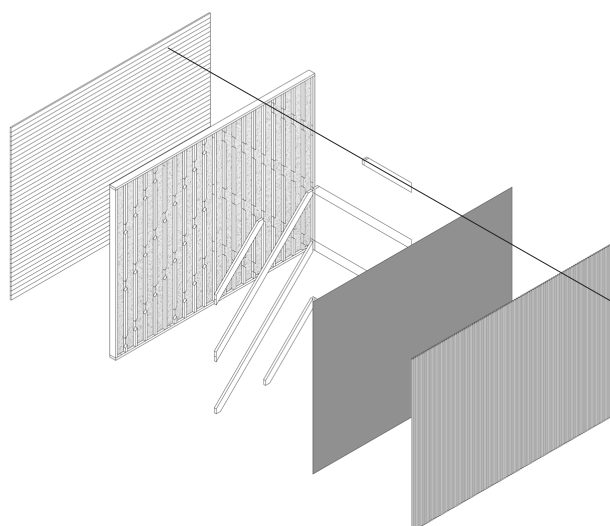
¹Un inventaire des combinaisons de matières isolantes / système structurel se trouve en annexe 4.



III 4.13: Ordre de montage des différentes couches du projet.

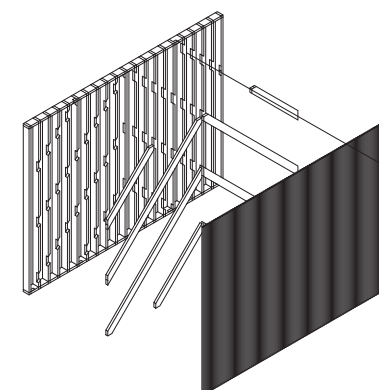


ill 4.14: Répartition des systèmes constructifs au sein du projet.



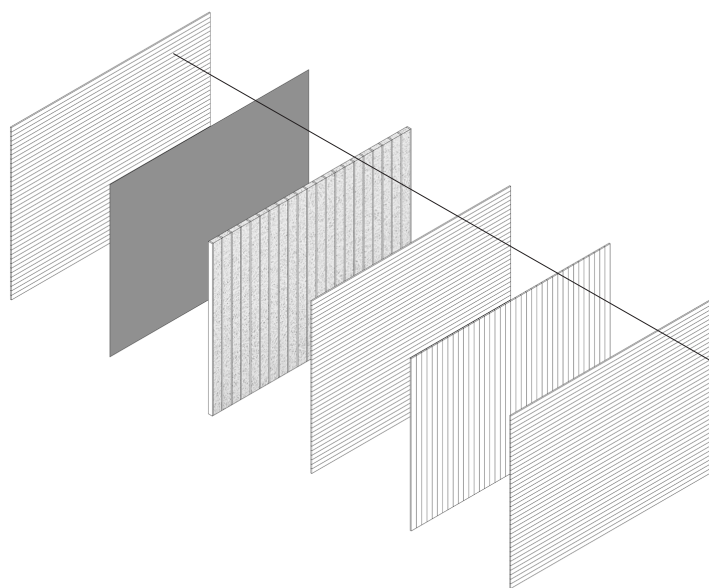
- Revêtement intérieur
- Ossature 300x100 mm (entraxe 500 mm)
/ Matelas isolant en laine de bois (250 mm)
- Echarpes de contreventement assemblées à mi-bois
- Pare - pluie
- Bardage à claire voie

Ossature isolée



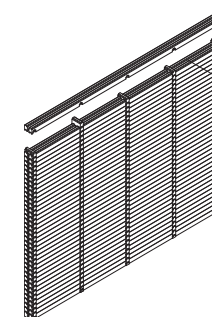
- Ossature 300x100 mm (entraxe 500 mm)
- Echarpes de contreventement assemblées à mi-bois
- Bardage à claire voie

Ossature ventilée



- Revêtement intérieur
- Pare - vapeur
- Ossature secondaire 200x50 mm (entraxe 500 mm)
/ Panneaux de fibres de bois (180 mm)
- Pli horizontal du CLT cloué par vis en bois
- Pli vertical du CLT cloué par vis en bois
- Second pli horizontal du CLT cloué par vis en bois

Panneaux massifs CLT Cloué bois



- Madrier 225x75 mm
- Madrier perpendiculaire 225x75 mm
- Madrier 225x75 mm

Madriers empilés

ill 4.15: Composition des différentes parois du projet.

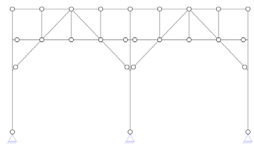
IV.IV.II La statique de la structure principale

Afin de réduire le nombre de poteaux au sein du projet, des poutres perpendiculaires à la charpente viennent franchir de poteaux en poteaux.

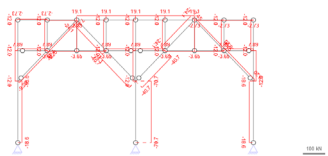
Ces poutres treillis permettent non seulement le franchissement mais elles offrent aussi la hauteur nécessaire au bon fonctionnement du shed. Etant donné que dans ce sens, la lumière va traverser la structure, une partie des treillis a été évidée de leur oblique. Pour garantir la stabilité, l'usage de jambes de forces a été privilégié. Cette astuce permet de réduire les efforts de moment au niveau du raccord avec les poteaux porteurs et de la charpente déjà sollicités dans l'autre direction. Dans ce sens ci, les efforts normaux sont concentrés dans les colonnes en hêtre. Au niveau des moments fléchissants, ils sont plus importants entre les deux nœuds de raccord en haut du poteau. Cependant, l'effort est réduit car les moments sont opposés.

La déformée n'est réellement visible qu'aux extrémités du projet. Cependant, celle-ci n'est même pas de l'ordre du centimètre.

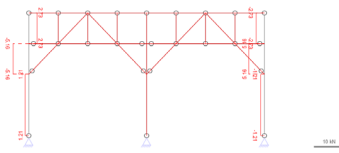
La structure du bâtiment de transformation est composée d'une trame de poteaux. Ces poteaux, piliers majeurs du projet, sont continus du sol à la pointe de toiture. Cette continuité offre, en partie supérieure, un encastrement rigide via la triangulation qu'offre la charpente. Cette charpente est asymétrique.



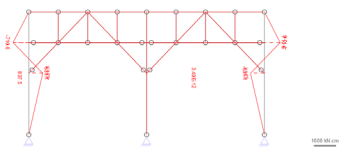
ill 4.16: Schéma statique travée principale.



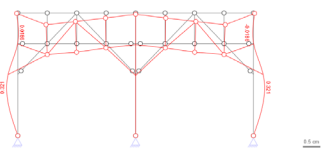
ill 4.17: Schéma des efforts normaux de la travée principale.



ill 4.18: Schéma des efforts tranchants de la travée principale.



ill 4.19: Schéma des moments fléchissants de la travée principale.

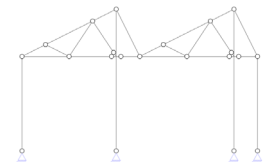


ill 4.20: Schéma de la déformée de la travée principale.

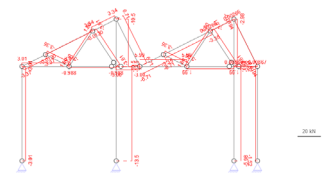
L'un des pans a été conçu de manière à donner une inclinaison suffisante pour le ruissellement de l'eau de pluie sur un recouvrement en bardeaux de bois, l'autre pan est vitré. De cette manière, le projet peut recevoir une lumière diffuse et continue sur la partie Nord et profiter de l'exposition Sud pour l'installation de panneaux photovoltaïques utiles au bon fonctionnement du bâtiment. Il est orienté Nord et laisse percoler de la lumière diffuse et constante.

Comme chacun des poteaux est articulé à sa base, il est possible de créer des portiques tri-articulés en liaisonnant par une rotule deux éléments de charpente. Ce schéma se répète tout au long de la trame. Par ce principe constructif, le projet devient isostatique. Il est donc moins sensible au tassement différentiel et aux dilatations des matériaux (le bois de hêtre est peu stable dimensionnellement). Sur le schéma des efforts normaux, on constate que les sections qui supportent le plus de charge dans le sens des fibres sont celles à la base du projet. Ces bois sont donc naturellement de plus larges sections. Au niveau des moments fléchissants, seuls les poteaux principaux y sont sujets. Les efforts les plus conséquents sont justement au nœud rigide provoqué par la continuité des piliers.

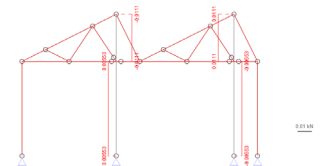
La déformée quant à elle est très légère. L'asymétrie du portique tri-articulé provoque une déformée plus importante sur le portique à l'extrémité. Cependant ce changement de géométrie n'est de l'ordre que de quelques centimètres.



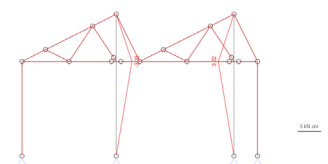
ill 4.21: Schéma statique travée secondaire.



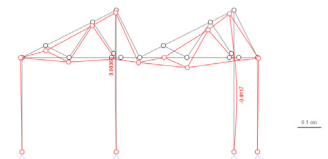
ill 4.22: Schéma des efforts normaux de la travée secondaire.



ill 4.23: Schéma des efforts tranchants de la travée secondaire.



ill 4.24: Schéma des moments fléchissants de la travée secondaire.



ill 4.25: Schéma de la déformée de la travée secondaire.

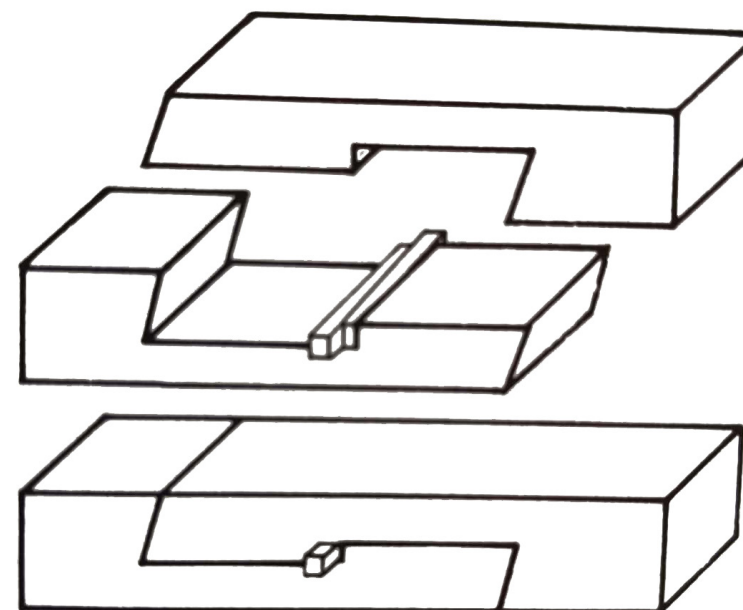


ill 4.26: Photo de l'assemblage du trait de jupiter avec tenon en «T».

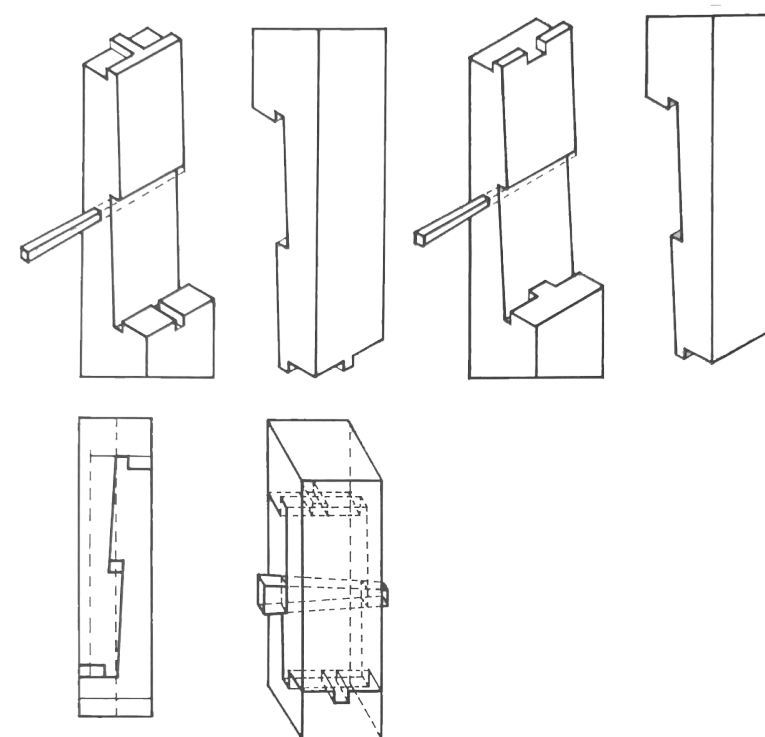
IV.IV.III Zoom sur les assemblages

Les assemblages de liaisons verticales

Les piliers sont les éléments primordiaux du projet. Pour obtenir leur longueur continue de 10 mètres avec des éléments de 3 mètres tout au plus il faudra jouer d'assemblages dans la longueur du bois. Comme vu précédemment, les efforts principaux réceptionnés par ces éléments sont des efforts de compression et de moments fléchissants. La majorité des assemblages dans la longueur résistante à la flexion sont des joints prévus pour des poutres. Ils ne sont donc pas propices à une compression conjointe. Deux solutions sont donc envisageables. La plus performante serait de renforcer le bois par le biais de plaques métalliques ce qui certes résoudrait le problème mais ne serait pas en adéquation avec la philosophie adoptée. La seconde est simplement d'aller chercher la réponse dans d'autres cultures. A l'image de nos ancêtres, il nous faut partager et apprendre des filières bois d'autres civilisations. Par exemple, l'art traditionnel japonais propose des assemblages similaires au trait de Jupiter que nous connaissons mais au lieu de le penser pour les poutres ils l'ont revisité pour en faire des colonnes. Il s'agit d'un assemblage à trait de Jupiter renforcé par un tenon en « T ». Ce tenon permet de stabiliser l'assemblage dans sa direction la plus faible et ainsi le rendre résistant en compression. D'autres procédés d'assemblages de cette culture sont envisageables pour répondre à ce besoin, cependant ce dernier est le plus rapproché de ce que nous pouvons faire dans nos contrées.



ill 4.27: Assemblage du trait de Jupiter classique.



ill 4.28: Mise en oeuvre du trait de Jupiter avec tenon en «T».

Les assemblages dans les treillis de charpente

Le schéma statique de la charpente est constitué de bois qui subiront des efforts variés (parfois de la compression, parfois de la traction). Cependant tous les nœuds sont des rotules, aucun moment fléchissant ne sera à contraindre. Dans une optique d'harmonisation des assemblages, il faut en trouver un qui réponde à ces trois critères.

Le bois, comme dit précédemment, ne se lie pas bien à lui-même quand il s'agit d'un effort de traction.

Il est donc préférable de se tourner vers une liaison rotulée métallique qui lui confèrera un comportement ductile. La manière la plus simple de joindre deux éléments de bois par une rotule statique démontable est la tige filetée maintenue de part et d'autre d'écrous.

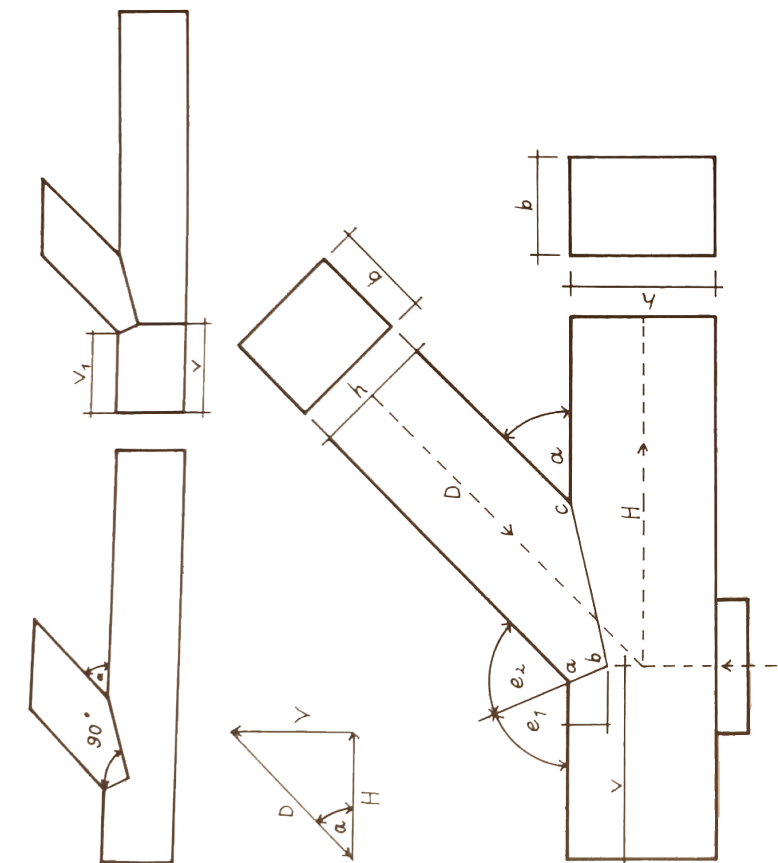
Pour minimiser la main d'œuvre et éviter la torsion d'éléments due à des efforts parasites, les bois sont moisés. Ce procédé permet de préserver des bois les plus longitudinaux possibles et ainsi favoriser leur réemploi.

Les jonctions jambes de force- poteaux principaux

Les jambes de force sont moisées en partie supérieure au treillis. Cependant, il ne peut pas être moisé quand il rencontre en partie inférieure le poteau massif. L'élément ne rencontrant comme effort que de la compression, il est simplement maintenu par une mortaise réservée dans le poteau.

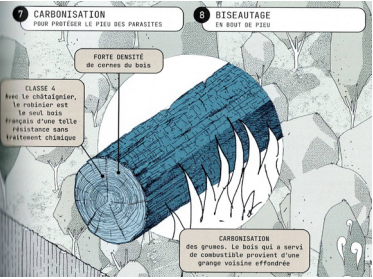


ill 4.29: Exemple d'un assemblage rotulé par tige filetée et écrous.



ill 4.30: schéma de principe d'une jambe de force.

IV.III LA PLACE DE
CHAQUE ESSENCE
DANS LE PROJET



ill 4.31: Principe de la technique du bois brûlé.



ill 4.32: Mise en sol d'un pieu de fondation en robinier.

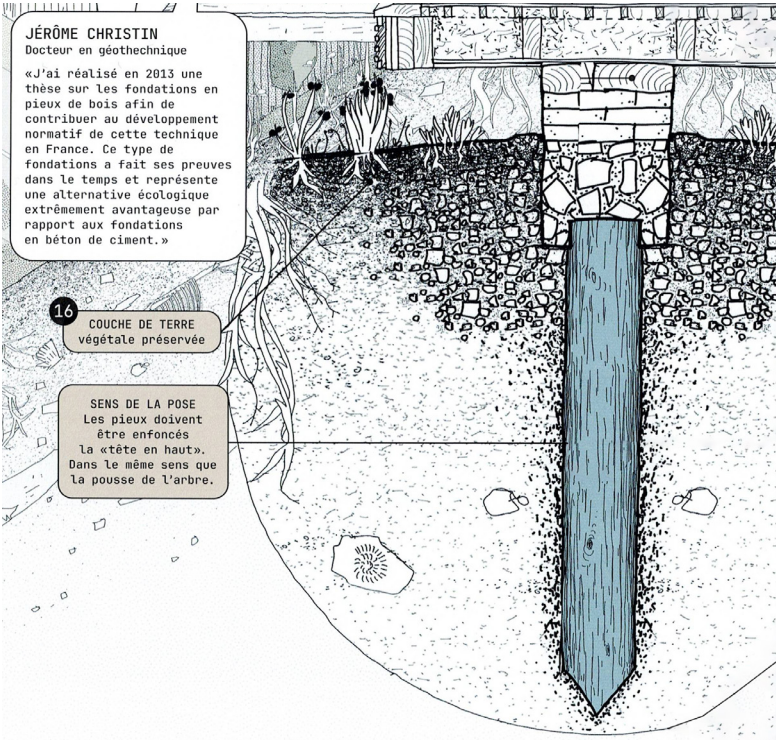
IV.III.I Le bois et ses utilisations

Dans une optique de construire de manière raisonnée, la conception par strates est à privilégier. Chaque couche a une durée d'utilisation différente ainsi que des besoins différents. Pour chaque couche il y a donc une essence de bois à privilégier afin d'exploiter la matière de la manière la plus efficace possible. Tenir compte des propriétés de chacune d'elle permettra de mettre en œuvre le bois le plus approprié au bon endroit. De la couche la plus pérenne à la plus variable, le bois répondra aux besoins respectifs de chaque partie du projet.

Le bois de contact

Afin d'édifier un bâtiment, partons de la base, de son ancrage sur site afin d'assembler les éléments supérieurs sur une accroche stable. Dans la philosophie adoptée, nous avons cherché une solution pour pouvoir créer des fondations sans béton. Le bois en partie basse devra donc être de la meilleure durabilité possible. L'inventaire forestier des essences disponibles à proximité ne propose aucune essence suffisamment durable pour être en contact permanent avec la terre. Néanmoins, des essences moins faciles à visualiser sont tout de même présentes en plus petites quantités. Le robinier par exemple se mêle aux autres essences et crée des amas localisés dans les bois ou encore sur les abords routiers, ce qui échappe à la technique de recensement par échantillonnage. L'entreprise Robinwood se sert de ces bois pour

créer du mobilier d'extérieur. En effet, le bois de robinier surpasse les autres en termes de durabilité naturelle. Avec l'aide de la thèse de Jérôme Christian sur les fondations en pieux de bois, le projet peut s'exempter du béton en fondation. Le robinier est utilisé directement après sa coupe, carbonisé en périphérie et planté à plus de 2.5m dans le sol. La durabilité du bois couplé à la technique du bois brûlé et un drain périphérique en silex font de ces fondations une alternative écologique avantageuse par rapport à celles en béton. Le robinier est donc le candidat idéal pour faire la liaison entre fondation et élément de structure principale.



ill 4.33: Dessin technique d'un pieu robinier en fondation .

Le bois de structure primaire

La structure primaire est une couche pérenne qui ne subira que peu de modifications au fil des usages. Les bois sélectionnés pour cette partie du projet ont deux missions : être robustes pour résister aux modifications des éléments s'y accrochant et faire partie des essences à croissance lente. Les candidats les plus appropriés sont le bois de chêne et le bois de hêtre, tous deux représentant une belle quantité de bois à valoriser. Ils représentent, à eux deux, plus de 66% des espèces indigènes en Wallonie. Le bois de chêne, étant plus durable que le bois de hêtre, sera valorisé en bois de structure extérieur. Les bois de frêne et de hêtre quant à eux sont utilisés en intérieur pour des raisons de durabilité.

Le bois de structure secondaire

Ce bois est voué à être potentiellement moins pérenne que la structure primaire. Pour conserver une logique de cycle vertueux, les bois sélectionnés sont des bois qualifiés de « dur » mais dont le cycle de pousse pour arriver à maturité est moindre que le cycle moyen d'utilisation d'un bâtiment soit 80 ans selon « Totem ». Les essences répondant à ces caractéristiques sont les bois de noyer, d'érable, de pommier, de poirier, d'alisier et de châtaigner.

Les bois de recouvrement

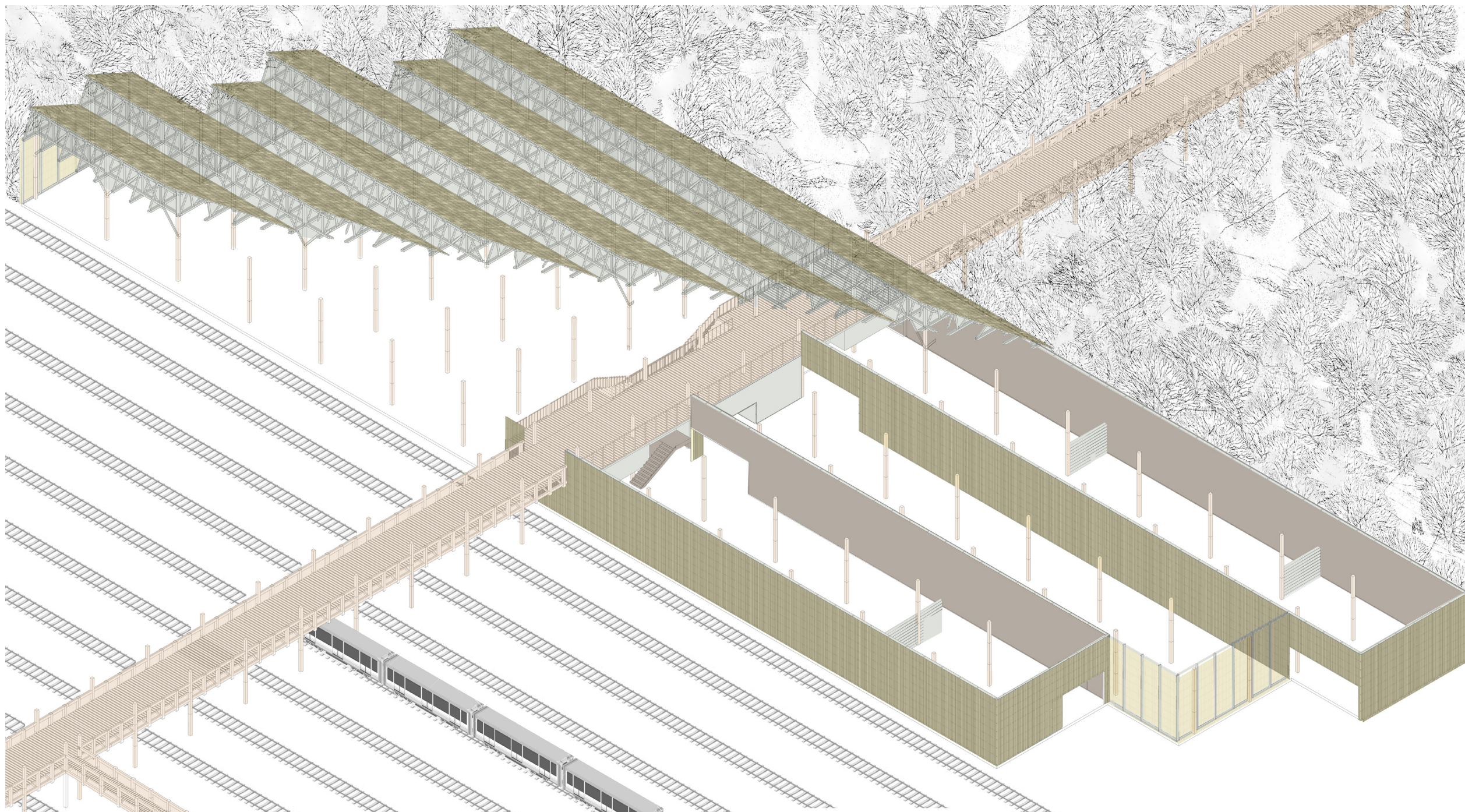
La philosophie s'appliquant à l'entièreté du projet, les éléments non structurels sont également conçus avec le bon bois. La couverture de la toiture, représentant une grande quantité de matériau nécessaire, en fait un point non négligeable pour la valorisation du bois. La toiture sera munie de pans de bardeaux de bois. Cette catégorie regroupe aussi tous les bois non structurels. Les candidats pour un usage en intérieur uniquement sont le bouleau, l'aulne, le saule, le cyprès et le tilleul. Pour les éléments extérieurs à l'abri de la pluie, les bois de cèdre et de merisier. En ce qui concerne les revêtements de façades extérieures, aucun de ces bois ne peut être exposé aux intempéries. Afin de satisfaire cette demande, les bois devront être soumis à la technique du bois brûlé pour pouvoir être employés en extérieur.

Les bois d'ameublement

La couche fixe la plus variable est celle de l'aménagement intérieur. Le projet étant conçu par strates, les agencements d'espaces sont assez libres. Pour créer des mobiliers répondant à une modification régulière, il faut prévoir des essences de bois répondant à cette spontanéité. Les bois à cycle court de pousse offrent des bois de qualité généralement moindre mais le mobilier ne demande pas les mêmes exigences que la construction. C'est ici que l'on retrouvera le bois de peuplier.

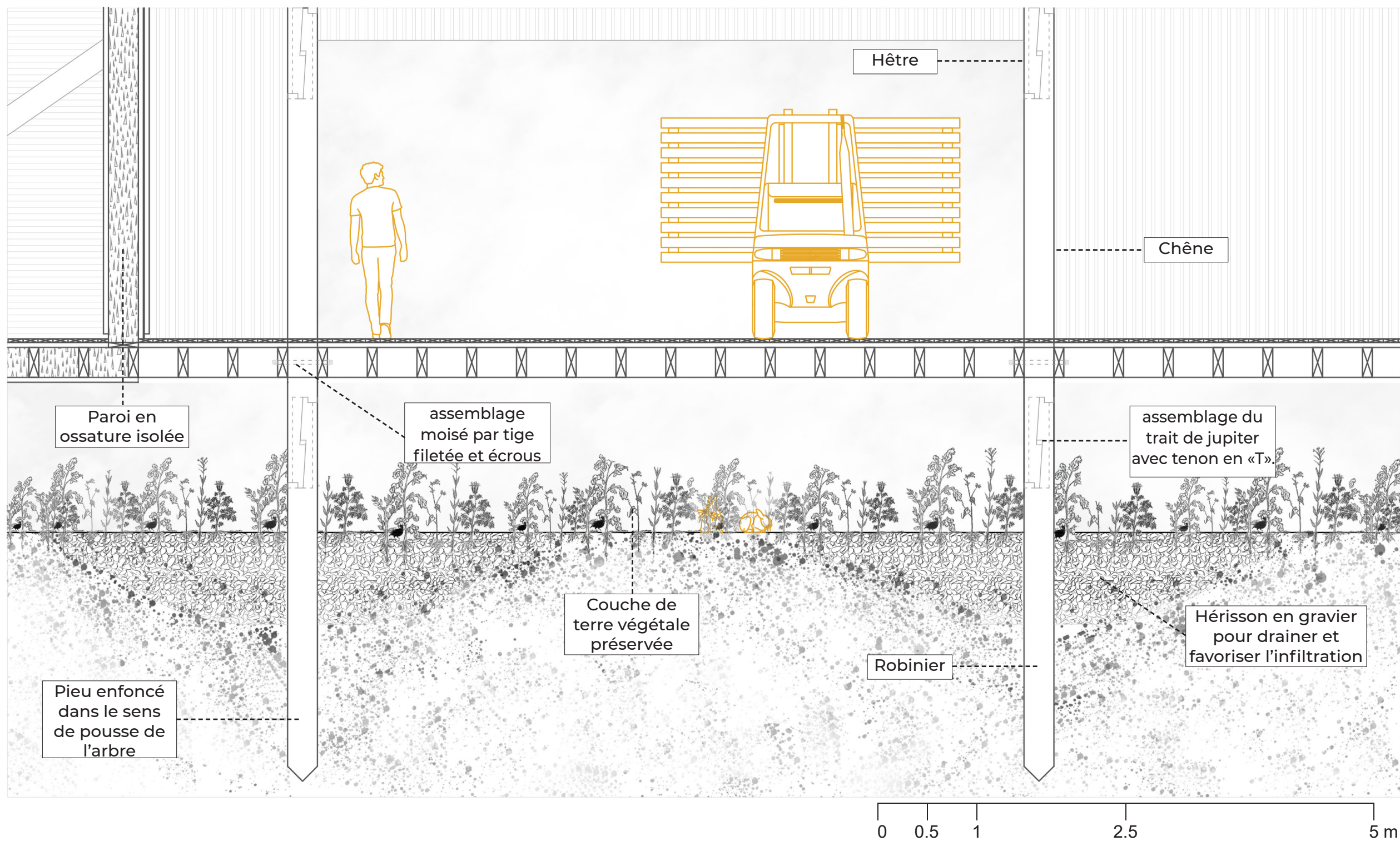


Ill 4.34: Exemple d'un bardage en bois brûlé.



- Les bois de structure primaire
- Les bois de structure secondaire
- Les bois de recouvrement extérieur
- Les bois d'ameublement et de revêtement intérieurs

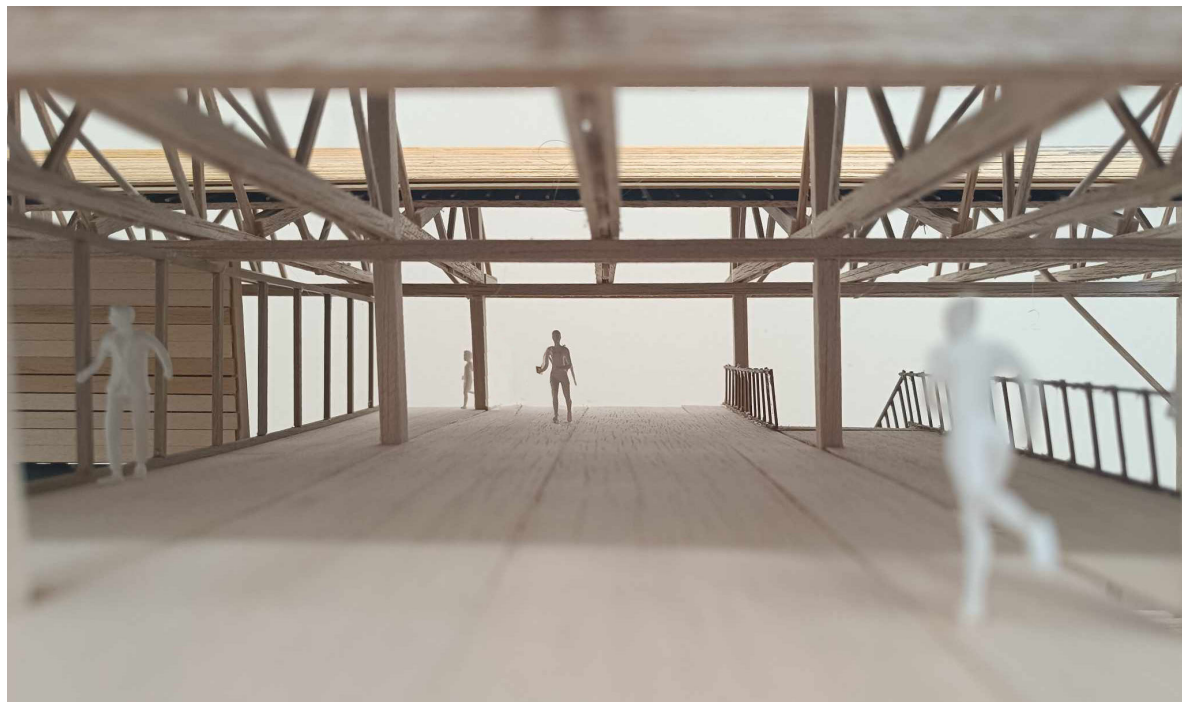
ill 4.35: Mise en évidence de la place de chaque type de bois dans le projet.



ill 4.36 : Coupe détail



ill 4.37 Photographies de la maquette 500.



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

Le secteur de la construction, malgré son impact environnemental considérable, est en pleine transition. De nos jours, les salons et expositions sont orientés sur ces questions environnementales. Les entreprises de construction se réinventent comme Stabilame qui propose des nouvelles technologies pour leurs constructions bois. La connaissance de l'économie circulaire est devenue répandue, seule manque son application. Des opérateurs cruciaux sont présents à toutes les échelles.

En ce qui concerne la filière bois wallonne, elle est extrêmement dépendante d'un blocage de l'exportation de matière vers les pays étrangers. Nous avons besoin de cette matière, la capacité et la proximité. La lettre ouverte et les publications ainsi que les journaux vont tous dans ce sens. Il faut valoriser la matière localement.

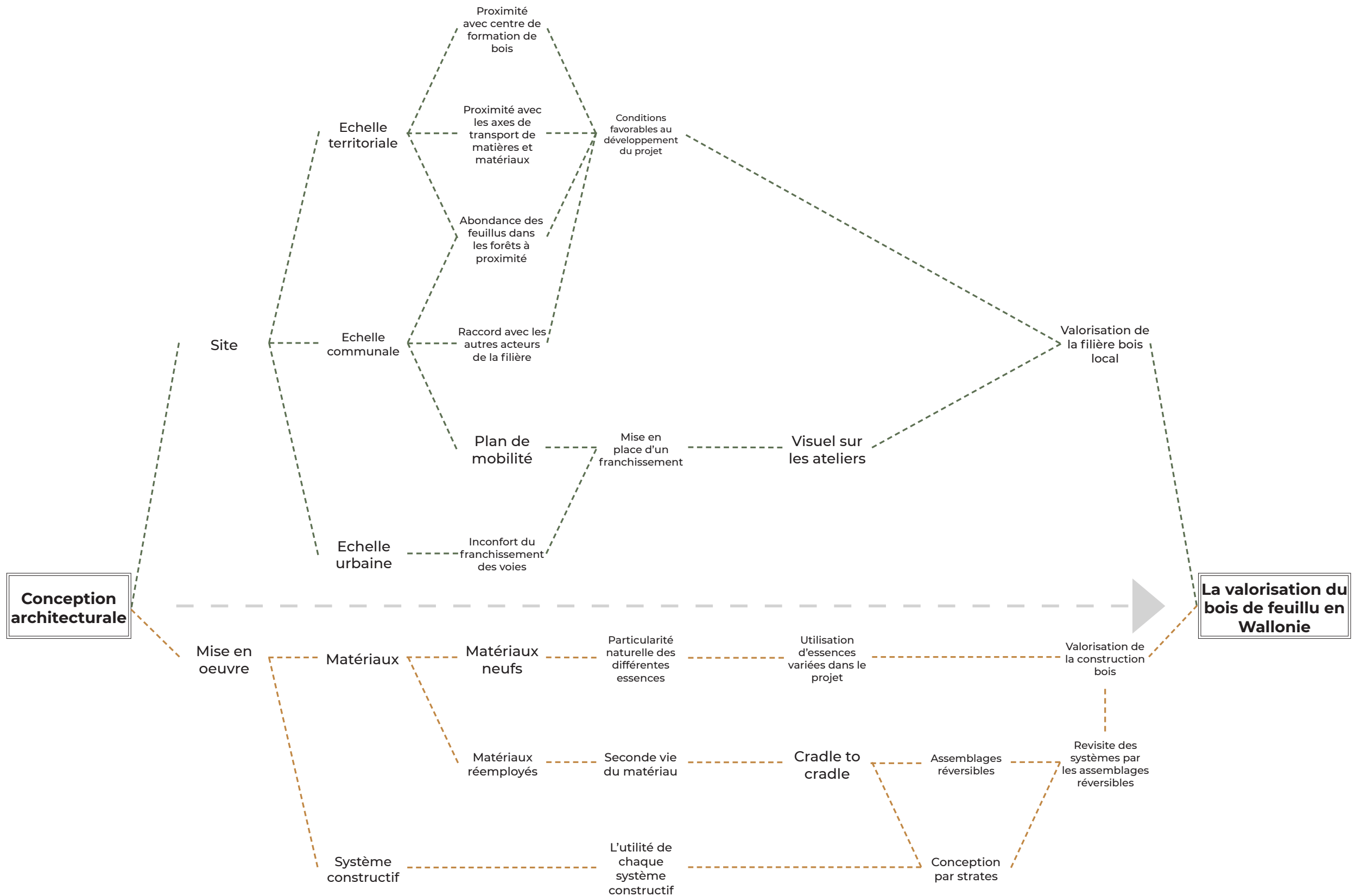
Cette valorisation se fait aussi par le respect de ce que chaque essence de bois a à apporter au secteur de la construction. Il est évident qu'il ne faut pas remplacer l'entièreté des constructions par des constructions bois et encore moins ne construire qu'en feuillu. Cela ne serait que retourner le problème. Il faut agir localement, à l'échelle humaine. Redonner au local ce qu'il a perdu avec la mondialisation. Raccorder les divers acteurs d'une filière en difficulté.

Lier la filière bois à la filière réemploi pousse l'idée qu'elles sont complémentaires. Ce sont deux filières qui ont leurs difficultés à s'intégrer dans la dynamique mondiale actuelle. La symbiose des

filières est au centre du projet. Son implantation au cœur de Libramont, ville charnière de la construction bois, est un moyen efficace de créer un premier pôle de valorisation locale. Ce projet est donc le premier d'une maille interprovinciale, co-bénéfique aux deux filières.

A une échelle plus précise, le réaménagement du site du triangle de la gare est bénéfique au niveau communal et répond au plan communal de mobilité. Le franchissement effectué par le projet valorise la mobilité douce. Il est aussi vecteur de valorisation et découverte des métiers en contrebas par le biais des vitrages latéraux montrant les acteurs en action.

Le projet étant lui-même à l'image du propos de démontabilité, il est la preuve que nous pouvons construire de cette manière à toutes les échelles de projet. Enfin, étant donné que ce sont les acteurs et les propriétés intrinsèques des matières locales qui ont façonné le projet, on peut assurer que la valorisation du bois de feuillu en Wallonie est un outil de conception en et sur l'architecture.



Perspectives

Durant ce travail, nous avons tenté de démontrer qu'il est possible de valoriser le feuillu au sein de la commune de Libramont. Par ailleurs, les recherches effectuées soulèvent d'autres opportunités de valorisation. Le projet peut se développer au delà du secteur communal. En construisant d'autres centres du même type dans l'Est du pays, ces derniers pourraient subvenir à la demande ardennaise. Ce modèle s'applique également aux pays qui ont un taux élevé de feuillus dans leurs forêts, comme par exemple la France.

La filière bois, par le biais de celle du réemploi, prendra un nouvel essor. Ce nouveau souffle entraînera une hausse d'emplois sur le marché du travail. L'attrait pour ce matériau remis au goût du jour dans le secteur de la construction favorisera l'engouement pour les métiers de cette filière oubliée. Ces ateliers serviront de tremplin à l'insertion socio-professionnelle.

Aussi, au fil de l'utilisation vertueuse du bois en construction, le secteur du bâtiment sera amené à réduire significativement son impact carbone. L'accumulation du CO² prisonnier de la matière déchargera l'atmosphère de ce dernier.

Pour terminer, le bois est un matériau d'avenir qui offre de nombreuses perspectives. Cependant, il ne faut pas l'utiliser de manière non réfléchie au risque de trop l'utiliser et que l'effet inverse se produise. La prochaine génération d'architectes sera-t-elle en mesure de gérer de manière raisonnée et raisonnable cette matière millénaire ?

LIVRES

Riollot, C. (1966). Technologie générale du bois. Paris: Dunod.

Graubner, W. (2019). Assemblages du bois, l'Europe et le Japon face à face. Paris: Vial.

Leloup, M, Weiner, C, Laigle, P, Leclercq, F. (2022). Le bois dont on fait les villes. Zürich: Park books.

Herzog, T, Natterer, J, Schweitzer, R, Volz, M, Winter, W. (2004). Timber construction manual. Boston: Birkhäuser.

Gauzin-Müller, D. (1999). Construire avec le bois : le matériau et ses dérivés, conception des ouvrages en bois, réalisations exemplaires, aspects réglementaires. Paris: Le moniteur.

Mcdonough, W , Braungart, M. (2020). Cradle to cradle, créer et recycler à l'infini. Paris: Alternatives.

Guenoun, E. (2014). 198 assemblages du bois. Choisy-le-Roi : Formes.

Jacquet, H. (2015). Savoir et faire le bois. Arles : Actes Sud.

Mcdonough, W , Braungart, M. (2016). L'upcycle : au-delà du développement durable, l'écoconception au service de l'abondance. Paris: Alternatives.

Blain, C, Jancovici, J.. (2021). Le monde sans fin. Paris : Dargaud.

D'Arienzo, R. (2021). Le cradle to cradle et ses pionniers en France. Paris: MetisPresses.

Wittevrongel, B. (2019). Question d'architecture structure, projets 2016-2019. Tournai: Loci.

Hofmeister. S. (2017). Holzbauten in Vorarlberg = Timber structures in Vorarlberg. Berlin: Detail.

Jousse. M. (1978). L'art de la charpenterie. Paris: Léonce Laget.

Klanten. R. (2020). Out of the Woods: Architecture and Interiors Built from Wood. Berlin : Gestalten.

Laval. G. (1968). Colles et collages dans l'industrie du bois. Paris : Compagnie française d'éditions.

Gauzin-Müller. D. (1990). Le bois dans la construction. Paris: Moniteur.

Hudert. M. (2019). Rethinking wood : future dimensions of timber assembly. Basel : Birkhäuser.

McLeod. V. (2010). 50 projets d'architecture en bois : détails de construction. Paris : Eyrolles.

Van der Lugt. P. Harsta. A. (2020). Tomorrow's timber: towards the next building revolution. The Netherlands : MaterialDistrict

Picard. O. (2012). Bois : Guide pour le bon usage. Bruxelles: Hout Info Bois.

Pryce. W. Ménégaux. O. (2005). L'art et l'histoire du bois : bâtiments publics et privés du monde entier. Paris : Citadelles & Mazenod.

Kolb. J. (2010). Bois : systèmes constructifs. Lausanne : Presses Polytechniques Romandes.

Gerner. M. (1995). Les assemblages des ossatures et charpentes en bois : construction entretien restauration. Paris : Eyrolles.

Benoit. Y. (2007). Construction de maisons à ossature bois. Paris : Eyrolles.

El Khouli. S. John. V. Zeumer. M. (2015). Sustainable construction techniques: from structural design to interior fit-out : assessing and improving the environmental impact of buildings. München : Detail.

König. H. Kohler. N. Kreibig. J. Lützkendorf. T. (2010). A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools. Munich : Detail.

Hoffsummer. P. (1999). Les charpentes de toitures en Wallonie : typologie et dendrochronologie (XIe-XIXe siècle). Namur : Ministère de la Région wallonne.

Ibañez. D. Hutton. J. Moe. K. (2020). Wood Urbanism : from the molecular to the territorial. Barcelone: Acta Edición.

Breuzard. S. Appert. E. (2021). La permaentreprise: un modèle viable pour un futur viable, inspiré de la permaculture. Paris : Eyrolles.

Sabatier. O. Rollet. M. Roudier. F. Mortamet. A. Rager. M. Stern. E. Walter. R. (2023). Le tour des matériaux d'une maison écologique. Paris: Éditions Alternatives.

Weinand. Y. Duthoo. A. (2017). Structures innovantes en bois : conception architecturale et dimensionnement numérique. Basel: Birkhäuser.

L'environnement wallon en 10 infographies. (s.d.). SPW

environnement.

Bernair, C. , Sobotka, I. , Romnée, A. , Pérez Duenas, L. , Boyer, C. et Van Ginderdeuren, P. (2018). Le secteur de la construction à Bruxelles « constat et perspectives : vers une économie circulaire ». Fontaine F. et Dewulf B. (éd.). Bruxelles.

Fédération nationale du bois. (2018). Fiche comprendre « les différents classements du bois ». (s.n.)

Haynes J. et Ramires. E. (2023). Traject : Plan communal de mobilité phase 3 commune de Libramont-Chevigny. (s.n.).

Tritel bureau d'étude belge actif dans le domaine des transports et de la mobilité. (2012). Le transport ferroviaire : un atout structurant pour la Wallonie « Projet de Plan de développement de la desserte ferroviaire en Wallonie pour la période 2013-2025 ». (s.n.).

Demesmaecker P. et Vannerom A. (s.d.). Totem le guide « Une méthodologie belge pour évaluer les impacts environnementaux des bâtiments ». (s.n.)

MÉMOIRES ET THÈSE

Lefebvre, L. (2023). Composer avec le déjà là, entre passé et modernité. Une expérimentation à travers les maisons du quartier du Maroc à Tournai. UCLouvain, <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:41104>

Croquefer, Tybo. (2023). Architecture et réemploi : L'Influence du Réemploi sur la Conception Architecturale et les Modes de Construction. UCLouvain, <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:41120>

Gobbo. E. (2015). Déchets de construction, matières à conception : analyse des stocks et flux de matières dans le cadre des opérations de rénovation énergétique en Région de Bruxelles-Capitale. UCLouvain, <http://hdl.handle.net/2078.1/167680>

CONFÉRENCES ET COURS THÉORIQUES

Faux. P. (2020). Equipements du Batiments et Conforts, LTARC1360, Université catholique de Louvain. LOCI. Tournai

Ecobati. (2024).Panel de matériaux écologiques pour un

habitat durable. Bois et habitat. Namurexpo

Ravik. (2024).Menuiserie et bois de récup, un modèle économique en plein expansion. Bois et habitat. Namurexpo

Fruytier Group. (2023). Conférence de luxinnovation. Luxembourg

REVUES

Séquences bois. (2022). Défis accoustiques.

Séquences bois. (2021). Mobilité.

Séquences bois. (2020). Architectures médicinales.

Séquences bois. (2020). Programme sportifs.

Séquences bois. (2021). Espaces de l'enfance.

Séquences bois. (2020). Maisons faible impact.

Debaeke. A. Genot. J. Leblanc. A. Messias. C. Wajnblum.

A. Formatwood. (2020). Réalisation construction bois

Debaeke. A. Kenler. A. Leblanc. A. Messias. C. Wajnblum.

A. Formatwood. (2019). Réalisation construction bois

SITOGRAPHIE

<https://www.stabilame.be/>

<https://www.bureau-etudes-bois.be/>

<https://wow.timber-engineering.partners/>

<https://www.lignebois.be/>

<https://www.ecohabitation.com/>

<https://www.robinwood.biz/>

<https://www.houtinfo Bois.be/>

<https://www.confederationbois.be/>

<https://www.fichierecologique.be/>

<https://www.parlement-wallonie.be/>

<https://www.lalibre.be/>

<https://www.rtb.be/>

<https://www.laressourcerie.be/>

<https://opal.eu/fr>

<https://www.rotordb.org/>

Partie I

ill 1.1 Ecobati. (2024). Conférence de bois et habitat.
Namur

ill 1.2 Graphique personnel sur base de données du dossier «Le secteur de la construction à Bruxelles constat et perspectives : vers une économie circulaire»

ill 1.3, ill 1.4, ill 1.5, ill 1.6, ill 1.7, ill 1.8 dossier «Le secteur de la construction à Bruxelles constat et perspectives : vers une économie circulaire»

ill 1.9 Graubner, W. (2019). Assemblages du bois, l'Europe et le Japon face à face. Paris: Vial.

ill 1.10 Carte créée avec les données de WallonMap

ill 1.11 Fruytier Group. (2023). Conférence de luxinnovation. Luxembourg

ill 1.12 <https://www.rtb.be/> et <https://www.lalibre.be/>

ill 1.13 Cartes sur base des données du dossier forêt nature. Outils pour une gestion résiliente des espaces naturels (2020).

Partie II

ill 2.1 Le bois, la première des énergies renouvelables

ill 2.2 Dessins personnels

ill 2.3, ill 2.4, ill 2.6, ill 2.7 CNDB. les classements d'aspects et d'utilisations en structure

ill 2.5, ill 2.8 Fiche Comprendre les différents classements du bois

ill 2.9 Interreg FCRBE. Reuse Toolkit. Bois massif de structure à section rectangulaire

ill 2.10, 2.11, 2.12 Graphiques personnels sur base des valeurs du livre : Riollot, C. (1966).Technologie générale du bois. Paris: Dunod et Benoit. Y. Le guide des essences. Paris: Eyrolles

ill 2.13, ill 2.14 Riollot, C. (1966).Technologie générale du bois. Paris: Dunod

ill 2.15 Valeurs issues de Riollot, C. (1966).Technologie générale du bois. Paris: Dunod

ill 2.16 Schéma tiré du site <https://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/pavillon-daccueil-de-la-scierie/>

ill 2.17 <https://www.sudinfo.be/id645440/article/2023-04-04/les-travaux-de-la-piscine-de-lorient-avancent-grand-pas-toutes-nos-photos-et>

ill 2.18 <https://www.lavenir.net/regions/wallonie-picarde/tournai/2022/09/30/015kilo-pour-le-bois-de-recup-etc-de-bonnes-affaires-a-la-materiautheque-de-tournai-PO32AWQRTZDLNCG634OEFHMZRQ/>

ill 2.19 <https://www.facebook.com/LaMateriauthequeTournai>

ill 2.20, 2.21 Rapport de gestion de la ressource namuroise

ill 2.22 <https://rotordb.org/>

ill 2.23, ill 2.24, ill 2.25, ill 2.26, ill 2.27, ill 2.28, ill 2.29, ill 2.30, ill 2.31, ill 2.32, ill 2.33, ill 2.34, nterreg FCRBE. Reuse Toolkit. Bois massif de structure à section rectangulaire

ill 2.35 dossier «Le secteur de la construction à Bruxelles constat et perspectives : vers une économie circulaire»

ill 2.36 Yu Fa Su, (2022). Sustainable circular shoe design: a footwear industry example of circular economy.

ill 2.37 Séquences bois. (2020). Programme sportifs.

ill 2.38 <https://www.pinterest.fr/>

ill 2.39 <https://www.lignebois.be/>

ill 2.40 <https://medium.com/>

ill 2.41, ill 2.42 Graubner, W. (2019). Assemblages du bois, l'Europe et le Japon face à face. Paris: Vial.

ill 2.43 <https://www.architecturebois.fr/>

ill 2.44 <https://www.napapiiri.fr/>

ill 2.45 <https://www.stabilame.be/>

ill 2.46, ill 2.47 Debaeke. A. Genot. J. Leblanc. A. Messias. C. Wajnblum. A. Formatwood. (2020). Réalisation construction bois.

ill 2.48, ill 2.49 <https://wow.timber-engineering.partners/>

ill 2.50 Séquences bois. (2021). Mobilité.

ill 2.51, ill 2.52, ill 2.53, ill 2.54 Debaeke. A. Kenler. A. Leblanc. A. Messias. C. Wajnblum. A. Formatwood. (2019). Réalisation construction bois.

ill 2.55 Schéma personnel sur base des informations sur <https://www.houtinfo Bois.be/>

ill 2.56 <https://mecabois.over-blog.com/>

ill 2.57 Tableau personnel

ill 2.58, ill 2.62, ill 2.63 Cecobois. (2020). Guide de conception des assemblages pour les charpentes en bois

ill 2.59 <https://www.maconnerie-rigault.fr/>

ill 2.60 <https://www.bois.com/>

ill 2.61 <https://emerson.arch.ethz.ch/>

ill 2.64, ill 2.67, ill 2.68 Sabatier. O. Rollot. M. Roudier. F. Mortamet. A. Rager. M. Stern. E. Walter. R. (2023). Le tour des matériaux d'une maison écologique. Paris: Éditions Alternatives.

ill 2.65, ill 2.66 Riche. L. Des systèmes de construction en bois au service de vos idées.

ill 2.69, ill 2.70, ill 2.71 <https://wow.timber-engineering.partners/>

ill 72 Séquences bois. (2022). Défis accoustiques.

ill 73 Stabilame. (2023). Cahier technique CLT cloué.

ill 74 <https://www.stabilame.be/>

Partie III

ill 3.1 <https://www.transport-torlet.com/nos-services.html>

ill 3.2 Le transport ferroviaire : un atout structurant pour la Wallonie

ill 3.3 Grulois. S. (2000). Transport fluvial des bois :quelles perspectives en France ?

ill 3.4 Carte personnelle sur base du dossier forêt nature. Outils pour une gestion résiliente des espaces naturels (2020).

ill 3.5 Carte personnelle sur base des données précédentes et de https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_ferroviaire_en_Belgique#/media/Fichier:Belgium_railroad_map.svg

ill 3.6 Carte personnelle sur base des données précédentes

ill 3.7 Carte personnelle sur base de l'inventaire forestier et de WallonMap.

ill 3.8 Plan communal de mobilité de commune de Libramont-Chevigny- phase 3 (2023)

ill 3.9, ill 3.10 Carte issu de WallonMap

ill 3.11, ill 3.12 Photographies personnelles

ill 3.13 Carte personnelle

Partie IV

ill 4.1, ill 4.2, ill 4.3 Photos personnelles

ill 4.4, ill 4.5, ill 4.6, ill 4.7, ill 4.8, ill 4.9, ill 4.10, ill 4.11, ill 4.12, ill 4.13, ill 4.14, ill 4.15, ill 4.16, ill 4.17, ill 4.18, ill 4.19, ill 4.20, ill 4.21, ill 4.22, ill 4.23, ill 4.24, ill 4.25, ill 4.29, ill 4.35, ill 4.36, ill 4.37, ill 4.38 productions personnelles.

ill 4.26, ill 4.27, ill 4.28, ill 4.30 Graubner, W. (2019). Assemblages du bois, l'Europe et le Japon face à face. Paris: Vial.

ill 4.31, 4.32, 4.33 Sabatier. O. Rollot. M. Roudier. F. Mortamet. A. Rager. M. Stern. E. Walter. R. (2023). Le tour des matériaux d'une maison écologique. Paris: Éditions Alternatives.

ill 4.34 Debaeke. A. Genot. J. Leblanc. A. Messias. C. Wajnblum. A. Formatwood. (2020). Réalisation construction bois

ANNEXE 1

Question écrite du
09/06/2023
de ANTOINE André
à BORSUS Willy¹.

En Belgique, la consommation de sable s'élève à 4 millions de m³ dont 1,5 million pour la maintenance des plages et 2,5 millions pour la construction. Malheureusement, le sable, une fois dans le béton ou le bitume, n'est pas récupérable. Ce n'est donc une ressource ni recyclable ni renouvelable !

Rappelons que dans les années 80, il y avait au bas mot 80 sablières. Aujourd'hui, il n'y en a plus que 5 dont 3 en BW.

D'ailleurs, l'extension de la sablière des sociétés "Les Trois Foncières" et "Hoslet" sur Chaumont-Gistoux et Walhain devrait bientôt se confirmer. Les conseils communaux des deux communes ont approuvé trois conventions pour encadrer son exploitation moyennant certaines conditions relatives aux nuisances sonores et au trafic des camions. L'exploitation de Mont-St-Guibert pourra donc s'étendre de 47 hectares, ce qui donnera une pérennité de 25 ans encore d'exploitation.

À la lumière de cette décision, quelle est désormais l'analyse de Monsieur le Ministre de la situation de l'exploitation du sable en Wallonie ? Disposons-nous de suffisamment de ressources locales pour les 20 prochaines années ?

Dès lors que le sable est primordial, que compte-t-il mettre en place afin d'assurer des conditions d'exploitation compatibles avec une gestion optimale des ressources et le respect d'éventuels riverains ?

Dispose-t-il d'un inventaire des sites d'exploitation potentielle ?

Est-il saisi de nouvelles demandes d'extension de sablière ? Si oui, pour quelles capacités ?

Enfin, soutient-il financièrement ou accompagne-t-il des recherches de nouveaux gisements de sable en Wallonie ?

¹Ministre de l'Economie, du Commerce extérieur, de la Recherche et de l'Innovation, du Numérique, de l'Aménagement du territoire, de l'Agriculture, de l'IFAPME et des Centres de compétences.

En juin 2023, on dénombre 251 entreprises belges dans le secteur de l'extraction de sable (entreprises qui déclarent parmi leur code d'activité le NACE 08122) de statut « active », dont 102 en Wallonie (Source : Belfirst), 130 en Flandre et 22 à Bruxelles.

La plus grande entreprise ayant son siège social en Wallonie en termes de valeur ajoutée est Hoslet qui comptait 56 employés en 2021 pour une valeur ajoutée de 3,2 millions d'euros. En termes économiques, le secteur de l'extraction en Wallonie est « de petite taille » avec une valeur ajoutée en 2021 de 17 millions d'euros pour 175 emplois et des bénéfices de 2,7 millions d'euros.

Le secteur apparaît d'autant plus « petit » quand on considère que, parmi ces 102 entreprises, figurent plusieurs entreprises dont l'extraction de sable n'est pas l'activité principale (Bétons préparés et manufactures du namurois qui compte 25 emplois en 2021, Laurent et fils - centre de tri de déchets de construction - qui représente 17 employés en 2021 et Binche béton avec 25 employés), sans compter des entreprises de construction et autres entités de très petite taille. L'entreprise Renewi n'entre pas dans ce périmètre wallon, car elle n'a pas de siège social en Wallonie, seulement des unités d'établissement.

Le volume d'activité en Flandre est plus élevé avec une valeur ajoutée de 160 millions et un emploi de 807 travailleurs en 2021, dont un peu moins de la moitié pour la seule entreprise Sibelco.

Pour les trois régions belges, la valeur des importations de sable est supérieure aux exportations. Dans le cas de la Wallonie, les importations sont nettement supérieures aux exportations jusqu'en 2017, elles s'égalisent en 2018 et la prédominance des importations s'accroît de nouveau depuis lors. La prédominance des importations par rapport aux exportations de sable est légèrement moindre en Flandre. Au final, la Belgique est importatrice nette de sable de manière récurrente.

Les principaux partenaires économiques pour l'importation de sable sont les Pays-Bas et l'Allemagne qui comptent pour 75 % à 85 % des importations selon l'année. Quant à nos exportations, elles sont majoritairement à destination du Grand-Duché de Luxembourg ces dernières années. Les volumes sont toutefois faibles puisqu'en 2022, la Wallonie a importé pour 11,6 millions d'euros de sable et en a exporté pour 6,5 millions d'euros.

Il existe plusieurs documents de référence relatifs à l'exploitation des sablières en Région wallonne, dont notamment l'étude « Poty » réalisée par l'Université de Liège entre 1995 et 2001, qui donne un inventaire des ressources du sous-sol wallon, avec une actualisation en 2010, et une étude réalisée en 2011 à la demande de FEDIEX, intitulée « Le sable naturel en Région wallonne : impact socio-économique de l'extraction en Brabant wallon ». D'après ces documents, pour la Belgique, les chiffres du marché sont les suivants : 3,5 millions de tonnes (Mt) de sable produit en Flandre, 7 Mt de sable produit en

Wallonie (dont 3 Mt de sable naturel et 4 Mt de sable de concassage), 8,6 Mt de sable importés des Pays-Bas, d'Allemagne et du Royaume-Uni, soit un total de 18,6 Mt de sable par an, alors que les besoins en sable de construction pour la Wallonie sont estimés à 6,7 Mt par an. On pourrait en déduire qu'avec 7 Mt produites, la Wallonie est autonome, mais la loi du marché fait qu'elle exporte une partie de son sable compte tenu du transport qui, outre l'impact CO2, est déterminant en matière de coût, le prix du sable pouvant tripler suivant la distance parcourue. Ainsi, 30 % du sable du Brabant wallon alimente Bruxelles et la Flandre, tandis que la région de Liège doit en importer.

On relève donc que la production de sable en Wallonie atteint 7 Mt par an, dont 3 Mt de sable naturel (2 Mt extraits en Brabant wallon), et 4 Mt de sable artificiel issu du concassage de roches naturelles ou du recyclage de matériaux de construction. Cette dernière ressource, fondée sur une économie circulaire et un développement durable, est une filière qu'il convient naturellement d'encourager.

Il est exact que le nombre de sablières s'est significativement réduit depuis les années 80, mais à l'image d'autres activités économiques, l'exploitation s'est concentrée sur des sites beaucoup plus grands avec des productions bien au-delà de celles des sablières des années 80, ce qui fait qu'au final, la production globale de sable n'a pas diminué depuis.

Quant à la gestion des ressources naturelles, telle que l'étude de nouveaux gisements, et les conditions

d'exploitation, il s'agit de compétences qui relèvent de l'environnement, une matière gérée par ma collègue, Mme Céline Tellier.

Toutefois, pour les aspects relevant de l'aménagement du territoire et plus particulièrement du plan de secteur, mes services relèvent que l'exploitation de la sablière de Mont-Saint-Guibert s'est étendue sur 47 ha en 2016, ce qui lui conférait de l'ordre de 23 ans de réserves, tandis que l'exploitation de la sablière de Chaumont-Gistoux s'est étendue sur 110 ha en 2017, ce qui lui conférait au moins 30 ans de réserves. Sur cette base, on constate que les deux plus grandes sablières, situées en Brabant wallon, on fait l'objet de révisions du plan de secteur leur assurant une production, respectivement jusqu'en 2035 et 2045 au minimum. Dans le Sud Luxembourg, la Sablière Lannoy a quant à elle fait l'objet d'une extension de l'ordre de 28 ha en 2022. Par ailleurs, deux dossiers de révision du plan de secteur pour des sites produisant du sable sont en cours dans le Sud Luxembourg. La Région wallonne n'est donc pas dans une situation de crise d'approvisionnement en sable à court terme. À moyen terme, il s'agira toutefois de mobiliser de nouveaux gisements.

À cet égard, l'inventaire des sites potentiels d'exploitation a été réalisé dans le cadre de l'étude « Poty ». En ce qui concerne le sable, cette dernière considère qu'il faudrait l'équivalent de 10 ha de gisement par an pour maintenir la production dans le futur. Des ressources sont disponibles, mais les contraintes environnementales sont de plus en plus importantes.

ANNEXE 2

Question écrite du
21/01/2021
de GAHOUCI Latifa
à BORSUS Willy¹.

Un article de presse, paru ce lundi 11 janvier 2021 dans le quotidien La Libre Belgique, relate l'abattage d'arbres centenaires dans la forêt de Soignes, dont la majeure partie sont destinés au marché asiatique. Parallèlement à cela, nous importons du bois afin de satisfaire la demande en constante évolution ces dernières années.

Qu'en est-il en Wallonie ?

Le bois abattu est-il aussi exporté massivement en Asie ?

Quelles sont les pistes que Monsieur le Ministre compte mettre en oeuvre pour éviter cela, dans une optique d'économie circulaire ?

Les bois abattus en forêt de Soignes sont majoritairement des hêtres. Cette essence, autrefois très prisée chez nous en tranchage, déroulage et sciage, n'a malheureusement plus la cote et n'est plus transformée que très marginalement en Belgique pour le moment. Son exportation reste souvent la meilleure piste de valorisation. Les bois de la forêt de Soignes sont de haute futaie et plus propices au tranchage et au déroulage qu'au sciage car beaucoup plus nerveux, alors que le hêtre l'est déjà fortement par nature. Le tranchage et le déroulage ayant disparu de chez nous, et moins de 10 % des grumes récoltées étant sciées sur le territoire wallon, il ne reste donc guère d'autre possibilité que l'exportation dans l'état actuel des choses.

La production de la forêt belge (essentiellement wallonne) est insuffisante pour couvrir nos besoins en bois. Nous sommes autosuffisants à concurrence d'environ 60 %. L'importation de bois est donc indispensable pour couvrir nos besoins. Nous importons essentiellement des résineux (pin et épicéa) à destination de la construction, surtout pour la Flandre.

Nous importons également des essences exotiques, mais dans des quantités plus limitées. À noter qu'une partie non négligeable des bois importés en Belgique sont réexportés vers les pays limitrophes.

En ce qui concerne spécifiquement la Wallonie, la récolte annuelle moyenne de bois y est de $\pm 3\,910\,000\text{ m}^3$ se répartissant en $3\,035\,000\text{ m}^3$ de résineux et $875\,000\text{ m}^3$ de bois feuillus.

La production de résineux de la forêt wallonne est insuffisante pour assurer les besoins des

Réponse du 08/02/2021
de BORSUS Willy

¹Ministre de l'Economie, du Commerce extérieur, de la Recherche et de l'Innovation, du Numérique, de l'Aménagement du territoire, de l'Agriculture, de l'IFAPME et des Centres de compétences.

transformateurs, d'où la nécessité d'importer des grumes pour compenser ce déficit. Notons qu'actuellement, du fait de la crise des scolytes qui décime les peuplements d'épicéa à l'échelle européenne et de la Covid dans une certaine mesure, une partie importante de ces arbres scolytés, donc de moindre qualité, sont exportés vers l'Asie. Ce phénomène ne sera cependant que passager, car, une fois la crise passée, les volumes disponibles se réduiront fortement et on se retrouvera face à la situation de carence initiale. La production de feuillus est également globalement insuffisante pour assurer les besoins des entreprises wallonnes, quoique la situation varie d'un secteur à l'autre.

Si la production de résineux se compose essentiellement d'épicéa, celle des feuillus est beaucoup plus diversifiée en termes d'essences et de qualité. Les scieries wallonnes transforment quasi exclusivement du chêne local de bonne qualité (60 à 70 000 m³/an), mais le plus gros consommateur de bois feuillus est Burgo Ardennes. Ce producteur de pâte à papier et de papier consomme 1 500 000 m³ de bois feuillus de qualité industrielle (très basse qualité) dont 90 % sont importés essentiellement de France. On enregistre également une consommation importante de bois de chauffage (de l'ordre de 600 000 m³), en grande partie d'origine locale.

Restent les hêtres et frênes de bonne qualité dont la valorisation passe par l'exportation à défaut de transformation locale. Les volumes exportés sont d'environ 100 à 150 000 m³ de hêtre et quelques dizaines de milliers de m³ de frêne.

Sachant que l'Europe, à l'instigation notamment des pays nordiques, ne veut pas prendre de mesures

protectionnistes pour freiner l'exportation des bois vers l'Asie, quelles seraient dès lors les pistes pour favoriser actuellement une économie plus circulaire dans la filière bois en Wallonie ?

À l'échelle wallonne, l'industrie de transformation des bois résineux en place est bien développée, et a la capacité de mobiliser l'entièreté de la production wallonne : chantiers de découpe, scieries, industrie du panneau (Unilin), paletteries, construction bois ... Seul l'afflux des épicéas scolytés perturbe momentanément cette situation.

L'effort doit donc se concentrer sur les bois feuillus de bonne qualité insuffisamment valorisés en Wallonie : hêtre (la première essence wallonne en termes de volume récolté) et frêne essentiellement.

À cet égard, l'Office économique wallon du bois, créé par le Gouvernement wallon en vue de stimuler le développement économique de la filière bois wallonne, a fait de la valorisation des feuillus locaux un de ces principaux chevaux de bataille.

Diverses actions ont ainsi été menées : organisation de ventes de gré à gré en vue de favoriser l'approvisionnement (fondamentalement en chêne) des scieries de bois feuillus, développement de projets visant à intégrer le bois feuillu dans la construction, développement de produits, techniques et traitements permettant la valorisation des bois feuillus locaux (bois de terrasse, bardage, châssis, traitement thermique, densification...), campagne de sensibilisation « Bois local Notre SavoirFaire » ... Nous réfléchissons par ailleurs avec l'Office à la meilleure façon d'encourager l'usage de bois local dans les marchés publics.

<https://www.parlement-wallonie.be/>

ANNEXE 3

Comment les Chinois pillent les forêts wallonnes

Le phénomène existe depuis le début des années 2000. Nos forêts, nos bois nobles, nos feuillus intéressent fortement l'Asie et singulièrement la Chine. Les forêts wallonnes, mais aussi françaises, allemandes, polonaises, tchèques... Bref, une vraie razzia sur les ressources forestières européennes. Une véritable technique de l'étranglement. Et ça marche! Le secteur est à bout, les entreprises trinquent et les emplois disparaissent.

Une stratégie bien établie

C'est d'abord le hêtre qui a été la cible des acheteurs asiatiques. Le hêtre est parfait pour fabriquer du parquet. Les Chinois en sont friands et ils peuvent surtout transformer à bas prix le bois en acheté sur pied en Europe pour le réexporter ensuite sur les marchés occidentaux, à des prix défilants toute concurrence.

Pour mettre la main sur le bois européen, il a juste fallu mettre le prix, faire gonfler les prix.

En 2000, un mètre cube de hêtre se vendait moins de 45 euros. Quatre ans plus tard, il se vendait 200 voire 250 euros le mètre cube. Une aubaine, pour les vendeurs, une catastrophe pour le secteur de la transformation du bois. Les bûcherons ou les exploitants forestiers ne vendent plus qu'à la Chine et maintenant à l'Inde qui a appliqué exactement la même technique. En chiffres, on comprend mieux. De 2010 à 2011, la Belgique a augmenté ses exportations dans le secteur du bois de 130% vers la Chine et de 1700 % vers l'Inde.

Une catastrophe pour le secteur de la transformation du bois car il est devenu impossible pour les scieurs belges et wallons de suivre cette politique de la hausse des prix. Les scieurs locaux sont asphyxiés, incapables d'acheter le bois qui a poussé au fond de leurs jardins. C'est une ressource locale qui leur échappe complètement. Beaucoup font faillite, la plupart des scieries spécialisées dans le hêtre ont disparu: il en reste une seule aujourd'hui, il y en avait une

vingtaine en 2000. Le secteur est mort, il a été étouffé et étonnamment les prix du hêtre ont retrouvé ces dernières années des cours normaux, plus ou moins 55 euros le mètre cube.

Après le hêtre, le chêne

Le hêtre belge, français, allemand, polonais a fait son temps: la ressource et le secteur sont presque épuisés. Il est temps maintenant de s'attaquer aux chênes. Selon la même technique, la même stratégie de l'étranglement. Des prix qui montent, des scieurs locaux qui ne parviennent pas à suivre la hausse des prix, et des faillites qui succèdent aux faillites. Et c'est une mauvaise scène qui se rejoue.

La Chine un si grand pays?

Mais qu'est-ce qui pousse la Chine à envahir les marchés européens alors que le pays lui même regorge de forêts et de terres inexploitées? Il y a en Chine 220 millions d'hectares de forêts diversifiées, gérées et chaque année on en replante 10 à 15 millions. A titre de comparaison, il y a 700 000 hectares en Belgique. Selon la fédération des scieurs belges, la technique chinoise ou indienne vise à organiser la pénurie chez nous et à se garder une réserve pour les années de disette.

Que faire?

Que faire pour contrer ces assauts financiers? Que faire pour soutenir un secteur aux abois? Que faire pour éviter que l'industrie de transformation ne disparaisse chez nous? L'Office économique wallon du bois se penche sur la question. La Wallonie et la Belgique sont impuissantes. Elles doivent respecter les règles édictées par l'Europe et le protectionnisme n'est pas de mise chez nous. En Afrique pourtant, en Asie aussi et même en Chine, les bois ne sont pas exportés qu'à condition qu'ils aient déjà été transformés. Alors qu'attend-on?

Michel Toussaint et Valérie Druitte
<https://www.rtbef.be/>

La Chine fait main basse sur le roi de la forêt wallonne

Le chêne représente encore 20 % de la surface forestière wallonne, mais les scieries spécialisées dans les arbres feuillus sont à l'agonie chez nous. D'après les derniers chiffres publiés par l'Office économique wallon du bois (OEWB), le volume scié par les entreprises wallonnes a encore baissé de 30 % au cours des cinq dernières années. Beaucoup de scieries ont mis la clé sous le paillason ou sont en chômage technique.

«Le chêne est abondant en Wallonie mais paradoxalement les scieries manquent de matière première, déplore Claude Camps, administrateur de la scierie Vica-Bois (Morville). Dans les ventes publiques, les grumes de chêne (ndlr : troncs d'arbre élagués) nous passent sous le nez. Les scieries françaises et surtout asiatiques font des offres de prix que nous ne pouvons pas suivre».

Le parquet made in China

Au cours des vingt dernières années, la demande de grumes de chêne a pourtant baissé entraînant une chute des prix de 40 %. «Mais on constate effectivement une stabilisation depuis 2010, commente Eugène Bays, de l'OEWB. C'est en partie dû à la croissance de la demande chinoise».

Une fois coupés, les arbres wallons sont transportés jusqu'au port d'Anvers où ils sont chargés sur des conteneurs vers l'Asie. «Le coût du transport jusqu'en Chine n'est pas très élevé, explique E. Bays. Vu les échanges entre la Chine et l'Europe, les transporteurs n'ont aucune difficulté à remplir les conteneurs à l'aller, avec tout ce que nous importons. Mais au retour, ils sont à moitié vides, donc beaucoup moins chers».

Une fois en Chine, le chêne est scié et transformé en meubles ou en parquets. La plus grosse partie de cette production est destinée au marché intérieur, mais une partie est réexportée vers Europe, et en Wallonie en particulier, où l'on peut donc trouver du parquet en

chêne européen made in China ! Effet stupéfiant de la mondialisation, où la matière première est wallonne, mais toute la filière de transformation (scieries et menuiseries) est délocalisée à l'autre bout de la planète !

Le mobilier contemporain

Cela dit, les scieries wallonnes spécialisées dans les arbres feuillus (principalement le chêne) ont également souffert de la baisse de la demande pour les bois massifs au profit de produits de substitution. «Les tables que vous trouvez dans les commerces spécialisés en ameublement ne sont plus en chêne», constate E Bays. «Le mobilier contemporain utilise l'aggloméré ou le plastique».

La SNCB

Autre coup dur pour le secteur, le choix de la SNCB de remplacer les traditionnelles billes de chemin de fer en bois par des traverses en béton.

Moins de travail pour les scieries, marges bénéficiaires rabotées, difficultés de s'approvisionner en matière première... Les temps sont durs pour les scieries spécialisées dans les arbres feuillus. «Nous survivons à peine, malgré une usine modernisée récemment», se lamente C. Camps.

Ironie du sort, le principal fournisseur des grumes de chêne, ce sont les pouvoirs publics, la Région wallonne et les communes. «La Wallonie exporte ses grumes mais importe du chômage», résume C. Camps. «Certains pays européens, comme la Roumanie, refusent désormais l'exportation de leurs grumes, pour protéger leurs scieries et garder la valeur-ajoutée dans le pays».

Récemment, la Région wallonne a décidé d'autoriser des ventes de gré à gré, accessibles uniquement aux entreprises wallonnes. «C'est une bonne mesure, estime» C. Camps, «mais elle ne permettra pas à elle seule de sauver le secteur. La scierie wallonne de chêne est une espèce en voie de disparition».
<https://www.rtbfb.be/>

**Du bois wallon
acheté par la Chine et
revendu en Belgique
: la filière bois
s'inquiète pour ses
emplois**

À Sivry-Rance, dans le Hainaut, la quasi-totalité des chênes vendus cette année par la commune partira... en Chine.

Lors de la vente publique, les prix se sont envolés. Une situation qui a surpris le bourgmestre Jean-François Gatelier : "On a été très étonnés parce que tous les lots de bois importants et les plus intéressants ont tous été achetés par des sociétés qui font de l'export vers la Chine. Les scieurs wallons présents à cette vente n'ont jamais pu remettre prix parce que les offres faites par ces sociétés étaient très élevées, plus de 30% par rapport au prix habituel." Et cet attrait chinois pour le bois belge n'est pas récent. L'Empire du Milieu s'intéresse depuis plusieurs années au bois européen et il vient de donner un coup de boost aux importations : «Cette année, leur intérêt est très conséquent parce que la Chine vient de décider de ne plus couper d'arbres chez eux. Et leur gouvernement subventionne les scieries chinoises pour aller acheter des arbres à l'étranger, notamment en Europe» témoigne Jean-François Gatelier.

La demande est tellement forte et les prix tellement élevés que nous ne savons pas concurrencer cela

La vente fera certes rentrer davantage d'argent dans les caisses de la commune mais le revers de la médaille est moins réjouissant puisque ce sont les artisans locaux qui vont y perdre au change. Ils ne peuvent pas concurrencer les offres chinoises et sans bois, l'activité des scieries wallonnes sera compromise.

Une crainte qu'éprouve notamment Mathieu Moraux, gérant de la scierie Saint-Joseph à Vironval : «Auparavant, les scieries pouvaient se distinguer sur certains produits de haute qualité. Là, la demande est tellement forte et les prix tellement élevés que nous ne savons pas concurrencer cela».

Et la situation inquiète également le gouvernement wallon qui craint pour le savoir-faire de la région. Il n'est d'ailleurs pas rare de retrouver dans les magasins belges des meubles fabriqués en Chine avec... du bois wallon.

Au total, ce sont 8 millions d'euros qui sont prévus dans le cadre du plan de relance pour soutenir la filière : «On travaille à la fois en amont sur les forêts pour les rendre plus résilientes face au changement climatique et nous avons, en aval, des projets avec le ministre wallon de l'économie Willy Borsu pour ramener ces outils de production chez nous» a précisé la ministre wallonne de l'environnement Céline Tellier.

Les scieries belges s'inquiètent de la pénurie de bois : "Il y a une concurrence avec les exportations vers la Chine"

Les scieries belges sont confrontées à des pénuries de bois rond et certaines d'entre elles ne peuvent plus fonctionner à pleine capacité et doivent donc acheter de plus en plus à l'étranger, selon une enquête menée par la Confédération belge du bois et Hout Info Bois.

Le nombre de scieries a fortement baissé ces 30 dernières années. En 1989, on en comptait encore 300 alors que le nombre s'est réduit aujourd'hui à 95, soit une baisse de près de 70 %. Plusieurs éléments expliquent ce recul selon les organisations du secteur : la concurrence accrue pour les matières premières, les lourds investissements de modernisation des équipements, la difficulté de trouver un repreneur lors du départ à la retraite d'un chef d'entreprise et le manque de salariés qualifiés et motivés. En Wallonie, où l'on trouve la majorité des scieries, la baisse stagne toutefois. Le secteur s'inquiète particulièrement de la sécurité d'approvisionnement en bois rond. «Avec les résineux, le problème est la disponibilité dans la forêt, car les propriétaires et les gestionnaires forestiers plantent plus de feuillus», explique François De Meersman, secrétaire général de la Confédération belge du bois. «Avec le bois dur, il y a une concurrence avec les exportations vers la Chine.» Cette pénurie force les scieries de bois dur à fonctionner à 64,7 % de leur capacité maximale alors que la demande grimpe. Le problème ne se pose pas encore pour les scieries de résineux mais cela pourrait se produire à l'avenir. De plus en plus de bois est importé de l'étranger, particulièrement de France ou d'Allemagne. «Le bois dur en Belgique est trop cher parce qu'il est proche des ports», explique M.

De Meersman. L'augmentation des importations entraîne des retards et une réduction de l'activité, ce qui pose à son tour un problème pour les clients.

La confédération demande de l'aide aux autorités. Elle plaide en premier lieu pour que la politique concernant les bois reflète la réalité des scieries: 92,6 % du bois rond qui est scié provient de conifères, 3,9 % de peupliers et 2,9 % de chêne. Il faut, selon la confédération, planter plus de conifères. Elle demande aussi que le bois dur soit réservé aux scieries belges afin qu'elles ne doivent plus en importer.

La Chine rachète tout le bois wallon, la filière doit trouver des solutions

Face à l'appétit insatiable de la Chine pour les troncs wallons, la filière bois du sud du pays doit se réinventer, sous peine de voir disparaître ses dernières scieries de feuillus, est-il ressorti des 16e "Rencontres Filière Bois" organisées vendredi à Libramont par le secteur.

Depuis quelques années, la Chine fait de plus en plus ses emplettes en Europe pour répondre à ses besoins de bois. L'Empire du milieu rafle souvent la mise lors des ventes publiques de bois et met la main sur les grumes, ces troncs coupés, ébranchés et encore pourvus de leur écorce qui servent de matière première pour les scieries et sont envoyés par conteneurs entiers des forêts wallonnes vers la Chine, via le port d'Anvers. Hêtres, chênes, résineux... aucune essence ou presque n'échappe à l'ogre chinois.

Plus assez pour les scieries de chez nous

Si cette demande asiatique s'avère dans certains cas une aubaine, notamment pour écouler les énormes quantités d'épicéas scolytés qu'il a fallu sortir de nos forêts ces dernières années, ou comme pour les grumes de hêtres qui ne sont pratiquement plus sciées en Wallonie, dans d'autres cas, c'est toute une filière, celle des scieries de feuillus, essentiellement de chênes, qui est menacée, faute de pouvoir s'approvisionner.

"La filière wallonne ne manque pas de bois. En feuillus, nous ne récoltons que 65% de l'accroissement annuel et 57% de nos forêts sont composées de feuillus. Mais les scieries wallonnes éprouvent des difficultés à se fournir. La transformation des feuillus en Wallonie

ne représente que 5% de l'accroissement. C'est comme si quelqu'un se laissait mourir de soif à côté d'une fontaine", illustre Emmanuel Defays, directeur général de l'Office économique wallon du bois.

Rendre les transformateurs wallons capables de mieux acheter les grumes

"Nous devons redevenir capables de donner à ces bois feuillus qui sont dans notre forêt une plus-value, une valeur ajoutée", plaide Emmanuel Defays. Et cela passera par la capacité à "rendre les transformateurs wallons capables de mieux acheter les grumes."

En transformant elle-même ses grumes sur son territoire, la Wallonie serait à même de mieux valoriser l'une de ses rares richesses naturelles et de garder sur son territoire l'essentiel de la chaîne de valeur, tout en minimisant l'impact sur le climat, plaide-t-on.

On coupe trop de sapins aujourd'hui

Pour les résineux, la situation est d'ailleurs très différente. Dans ce cas, la Wallonie compte d'importants acteurs de la transformation. Le problème ici, serait plutôt lié à une surexploitation des plantations existantes. A ce rythme, si on ne replante pas, la Wallonie manquera de résineux dans quelques années...

Certaines voix se sont fait entendre vendredi pour demander à l'Europe de décréter une interdiction pure et simple d'exportations des grumes, à l'instar de ce que font certains pays africains ou la Russie.

Mais une telle interdiction ne serait pas sans risque pour l'Union européenne, qui importe également des grandes quantités de bois et une kyrielle de matières premières essentielles, notamment de Chine (songeons aux terres rares, notamment), et s'exposerait ainsi à des mesures de rétorsions, a averti Thomas Le Vaillant, de la DG Commerce de la Commission européenne. "Ce genre d'instrument doit être manipulé avec doigté. Ce n'est pas non plus ce type de mesure qui peut solutionner un manque de compétitivité d'une filière", a estimé le fonctionnaire européen, qui se demande plutôt "pourquoi n'est-on pas à même d'exporter des produits à haute valeur ajoutée" dans la filière bois ?

Appel à innovation

Pour Emmanuel Defays, les mesures décidées pour garantir l'accès des scieries wallonnes aux grumes de chêne sont certes les bienvenues mais le directeur général de l'Office économique wallon du bois en est convaincu : la survie de la filière passera par "l'innovation le développement de nouveaux procédés, de nouveaux systèmes. Il y a tout un écosystème d'innovation à créer".

Du côté du gouvernement wallon, une enveloppe de huit millions d'euros a été débloquée, dans le cadre du plan de relance, pour financer des appels à projet susceptibles de développer la filière bois. Un pas dans la bonne direction pour un secteur qui pèse tout de même en Wallonie quelque 18.400 emplois dans plus de 8100 entreprises.



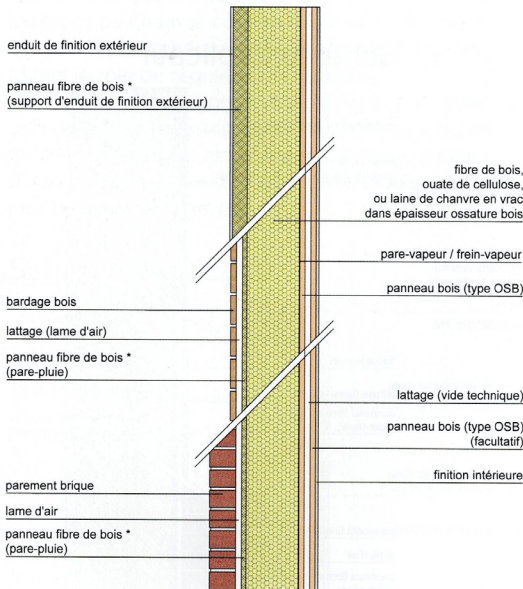
**OSSATURE BOIS
+ Isolants en vrac**

Fibre de bois - Ouate de cellulose - Fibre de chanvre

Technique de mise en oeuvre

Les isolants en vrac tels que la fibre de bois, la ouate de cellulose ou la fibre de chanvre sont mis en oeuvre par insufflation. Cette technique consiste à créer des caissons fermés dans l'épaisseur de l'ossature en posant un pare-pluie côté extérieur et un frein-vapeur côté intérieur. L'isolant en vrac y est insufflé à l'aide d'un outillage spécial.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

- ▶ Bon rapport qualité/prix.
- ▶ Facilité de mise en oeuvre avec outillage adéquat.
- ▶ Préfabrication des murs en atelier avec intégration de l'isolant pour un montage plus rapide sur chantier.
- ▶ Risque de tassement si non-respect des densités prescrites.
- ▶ Facilité d'utilisation en rénovation.



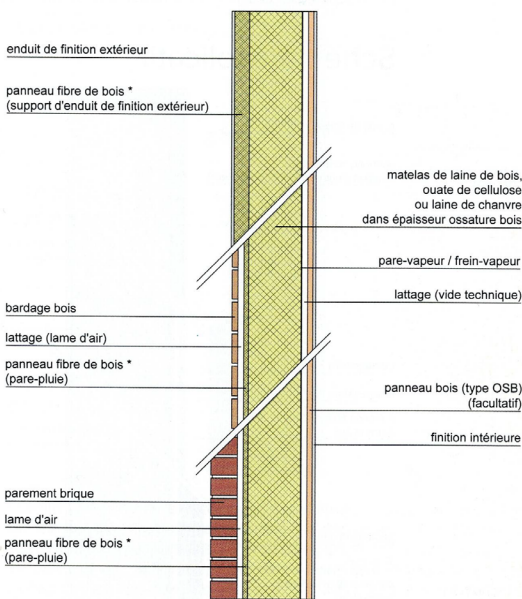
**OSSATURE BOIS
+ Matelas isolants**

Laine de bois - Ouate de cellulose - Laine de chanvre

Technique de mise en oeuvre

Les matelas d'isolants biosourcés sont placés dans l'épaisseur de l'ossature bois. Il est conseillé de choisir une épaisseur de matelas sensiblement supérieure à celle de l'ossature bois, de manière à ce que l'isolant soit bien compressé une fois le complexe refermé afin d'éviter les ponts thermiques.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

- ▶ Facilité de mise en oeuvre.
- ▶ Préfabrication des murs en atelier avec intégration de l'isolant pour un montage plus rapide sur chantier.
- ▶ Non intégralement biodégradables selon les liants et adjuvants incorporés pour la fabrication des matelas de laines.

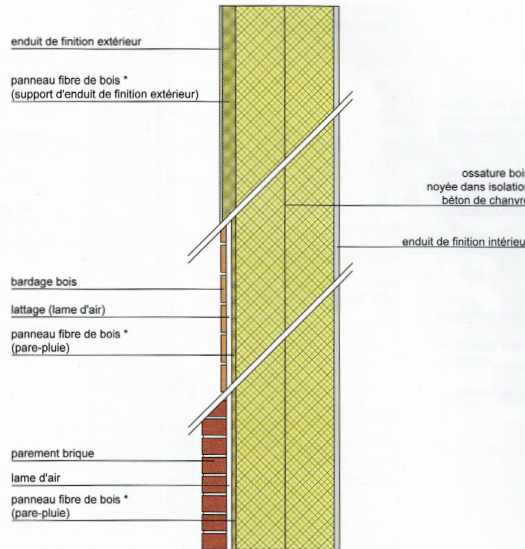


**OSSATURE BOIS
+ Béton de chanvre projeté**

Technique de mise en oeuvre

L'ossature bois, fermée du côté intérieur ou extérieur, est noyée par la projection de béton de chanvre. L'épaisseur totale de l'isolation en béton de chanvre varie selon les performances énergétiques souhaitées. Un enduit y est ensuite directement appliqué, assurant ainsi l'étanchéité à l'air. Cette méthode évite la présence d'une contre-cloison technique car les différents câbles et conduites (électricité, sanitaire...) sont installés au préalable dans l'ossature bois et sont, ensuite, noyés par la projection. Le risque de pont thermique est ainsi limité.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

- ▶ Contre-cloison technique non nécessaire (gain de place).
- ▶ Temps de séchage relativement long pour les grandes épaisseurs mises en oeuvre sur chantier.
- ▶ En rénovation, le béton de chanvre épouse les anciens murs et peut ainsi rattraper un hors-plomb.

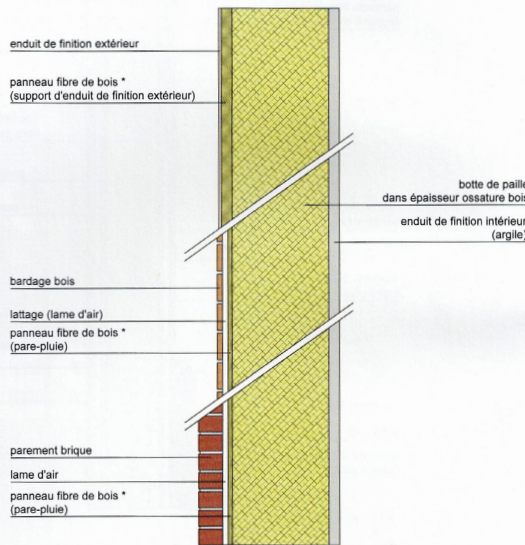


**OSSATURE BOIS
+ Bottes de paille**

Technique de mise en oeuvre

Afin de limiter les phénomènes de tassement, les bottes de paille sont comprimées et mises en oeuvre dans l'ossature bois à plat ou sur chant. Elles sont, ensuite, soit enduites par de la chaux en extérieur et de l'argile en intérieur ; soit protégées par un pare-pluie et un revêtement extérieur. L'enduit à l'argile augmente l'inertie du mur et joue ainsi le rôle de régulateur d'humidité.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

- ▶ Bon rapport qualité/prix.
- ▶ Bilan environnemental particulièrement intéressant.
- ▶ Préfabrication des murs en atelier avec intégration de l'isolant pour un montage plus rapide sur chantier.
- ▶ Epaisseur des murs relativement importante (+/- 50 cm).
- ▶ Choix de ces matériaux à intégrer très en amont, dès la conception du projet.

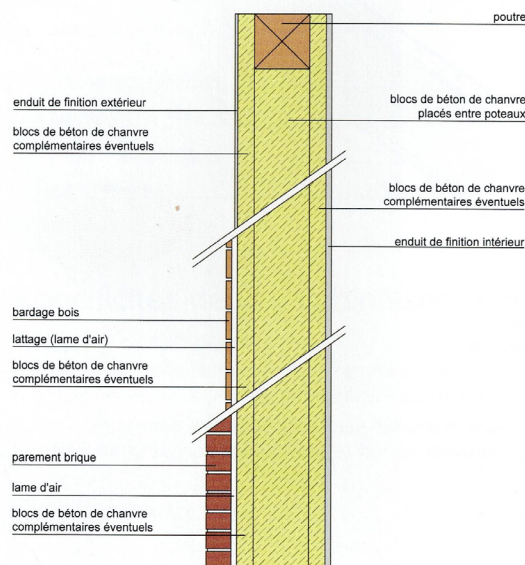


POTEAUX-POUTRES + Blocs de chanvre-chaux

Technique de mise en oeuvre

L'association entre le système poteaux-poutres et les blocs de chanvre se fait naturellement par remplissage des espaces entre les poteaux avec une maçonnerie de blocs de chanvre, offrant ainsi une enveloppe isolante complète et homogène. Des blocs de chanvre supplémentaires peuvent compléter ce complexe (côté intérieur et/ou extérieur) selon le niveau de performance énergétique souhaité. Un enduit à l'argile peut s'appliquer directement sur les blocs de chanvre côté intérieur ; un enduit à la chaux peut, quant à lui, s'appliquer directement sur les blocs de chanvre côté intérieur et/ou extérieur. Ces enduits augmentent ainsi la masse du mur et jouent le rôle de régulateur d'humidité. Le système poteaux-poutres peut également être utilisé avec un remplissage en ossature bois ou en madriers empilés et ainsi recevoir d'autres types d'isolants biosourcés (cf. mur ossature bois ci-avant et mur bois massif ci-après).

Schéma explicatif

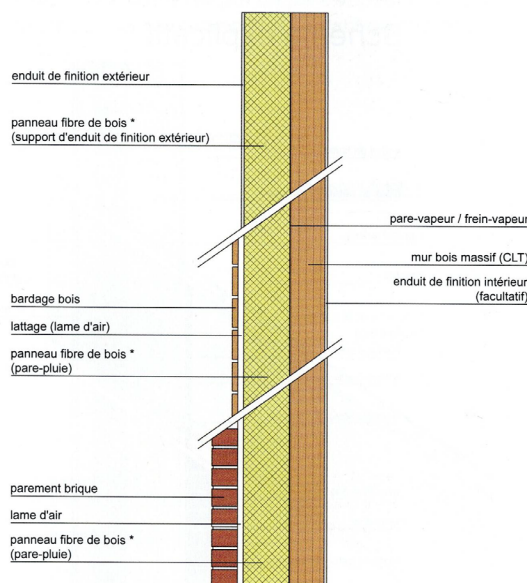


BOIS MASSIF + Panneaux de fibre de bois

Technique de mise en œuvre

Les panneaux de fibre de bois sont posés directement sur un mur en bois massif (CLT ou madriers empilés). Leur épaisseur varie selon le niveau de performance énergétique souhaité.

Schéma explicatif



* Certains panneaux de fibre de bois sont spécialement conçus pour proposer une isolation thermique extérieure complémentaire aux murs. Ils ont la fonction d'isolation et peuvent aussi servir de pare-pluie et de support d'enduit de finition. Ils sont également parfaitement adaptés pour l'isolation sous bardage. Il n'est, toutefois, pas recommandé d'utiliser ces panneaux de fibre de bois avec un système de murs porteurs en madriers empilés, étant donné les risques de tassement.

Spécificité de la combinaison

- ▶ Rapidité de mise en œuvre.

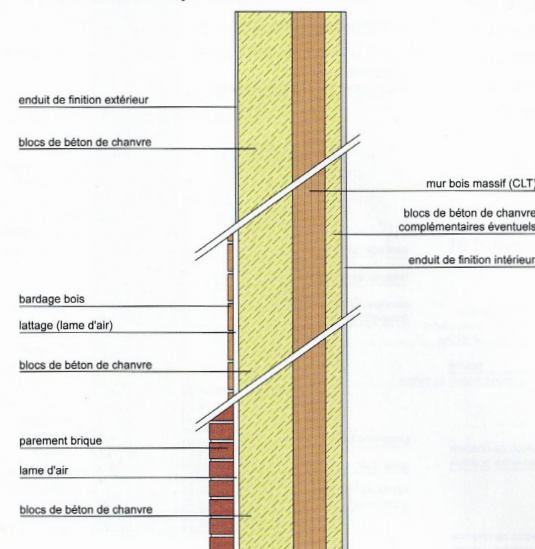


BOIS MASSIF + Blocs de chanvre-chaux

Technique de mise en œuvre

Les blocs de chanvre peuvent être maçonnés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur d'une structure en bois massif. Pour les murs en CLT collé / chevillé ou en madriers empilés, on privilégiera uniquement l'extérieur des murs de manière à conserver le bois apparent côté intérieur.

Schéma explicatif



Spécificité de la combinaison

- ▶ Apport d'inertie lorsque les blocs de chanvre sont placés côté intérieur car ils permettent de stocker l'énergie de chauffage et de conserver la chaleur des parois intérieures.

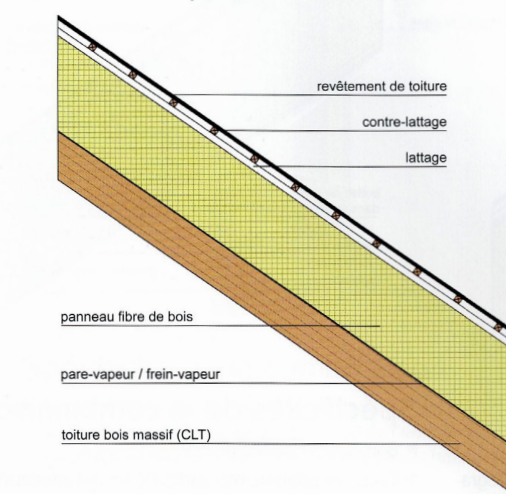


BOIS MASSIF + Panneaux de fibre de bois

Technique de mise en œuvre

Le détail ci-dessous s'applique aux toitures en pentes uniquement. En effet, l'utilisation des panneaux de fibre de bois en toiture plate est plus problématique car ils doivent être pris en "sandwich" entre deux panneaux d'OSB (ou entre un panneau CLT et un panneau OSB) afin d'assurer la mise en œuvre correcte de la membrane d'étanchéité de toiture. Cela évite également la délamination du panneau par la "suction" générée par les phénomènes de dépression de surface engendrés par le vent. Il faut noter que, pour des toitures plates ou en pente, c'est l'utilisation d'un CLT collé (on parle ici de "hourdis bois") qui est de mise ; le CLT cloué n'assurant son rôle de stabilité que lorsqu'il est placé à la verticale, c'est-à-dire pour des murs uniquement.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

- ▶ Le CLT en toiture amène à un volume de bois conséquent et à un poids et une reprise de charges importants.
- ▶ L'autoportance du CLT permet certaines libertés architecturales (porte-à-faux...).



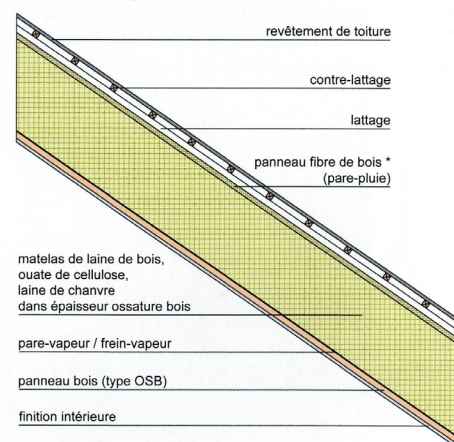
OSSATURE BOIS + Matelas isolants

Laine de bois - Ouate de cellulose - Laine de chanvre

Technique de mise en œuvre

La mise en œuvre des matelas d'isolants biosourcés dans une ossature bois de toiture est similaire à celle des murs à ossature bois : les matelas isolants sont placés dans l'ossature de toiture. Comme pour les murs, il est conseillé de choisir une épaisseur de matelas sensiblement supérieure à celle de l'ossature bois, de manière à ce que l'isolant soit bien compressé une fois le complexe refermé et ainsi éviter les ponts thermiques.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

- Facilité de mise en œuvre.
- Préfabrication du complexe de toiture en atelier avec intégration de l'isolant pour un montage plus rapide sur chantier.
- Non intégralement biodégradables selon les liants et adjuvants incorporés pour la fabrication des matelas de laines.

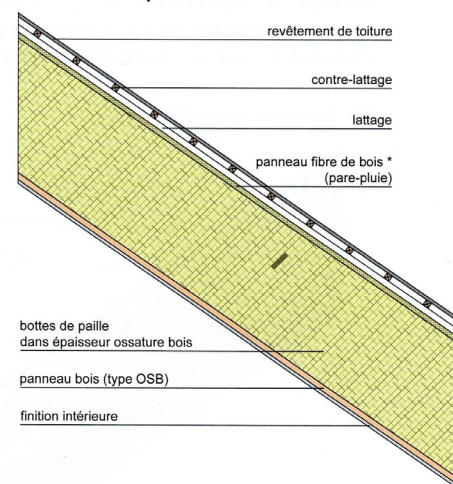


OSSATURE BOIS + Bottes de paille

Technique de mise en œuvre

La mise en œuvre des bottes de paille dans une ossature bois de toiture est similaire à celle des murs à ossature bois : les bottes de paille sont placées dans l'ossature de toiture. La face extérieure est protégée par un panneau pare-pluie en fibre de bois et la face intérieure est fermée par un pare-vapeur et un panneau de bois et/ou de plâtre servant de finition.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

- Bon rapport qualité/prix.
- Bilan environnemental particulièrement intéressant.
- Préfabrication du complexe de toiture en atelier avec intégration de l'isolant pour un montage plus rapide sur chantier.
- Epaisseur du complexe de toiture relativement importante (+/- 50 cm).
- Choix de ces matériaux à intégrer très en amont, dès la conception du projet.



OSSATURE BOIS (GÎTAGE) + Isolants en vrac

Fibre de bois - Ouate de cellulose - Fibre de chanvre

+ Matelas isolants

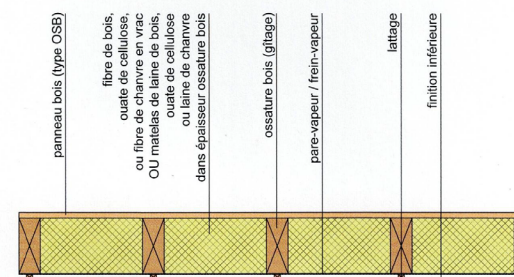
Laine de bois - Ouate de cellulose - Laine de chanvre

Technique de mise en œuvre

L'isolant en vrac est simplement déversé dans les espaces laissés libres par la structure (entre les gîtes). Cette mise en œuvre par insufflation est plutôt utilisée en rénovation.

La mise en œuvre des matelas d'isolants biosourcés dans une ossature bois de plancher est, quant à elle, similaire à celle des murs à ossature bois : les matelas isolants sont placés entre les gîtes du plancher. Ces deux techniques d'isolation n'offrent en tant que telles aucune résistance à la compression : celle-ci doit être apportée par un matériau ou élément complémentaire, comme un panneau OSB, par exemple.

Schéma explicatif



Spécificités de la combinaison

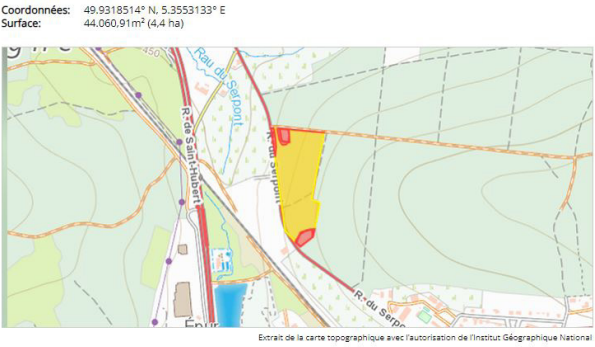
- Bon rapport qualité/prix.
- Facilité de mise en œuvre.
- Faible charge statique.
- Consommation calculable avec précision pour les isolants en vrac.



CLT COLLÉ / CHEVILLÉ

Les planchers en CLT collé / chevillé sont utilisés principalement seul. Ils peuvent éventuellement être surmontés d'un gîtage. Pour l'isolation de ce système, s'en référer aux planchers en ossature bois (cf. ci-contre).

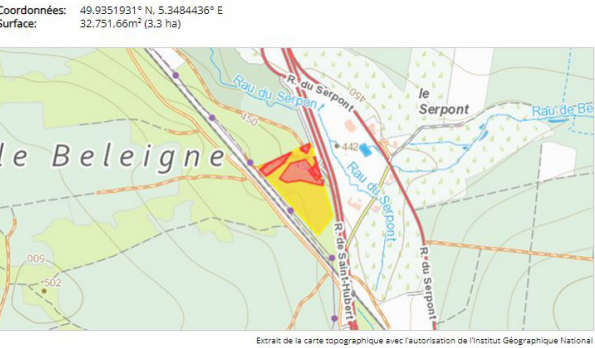
ANNEXE 5



Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN AP BV CS DO EP* HE* ME MI TY	BP PM TH	CP PT
	Tolérance CR MH* NO PS SO	AX CA CY EK RY	ES TC
Tolérance élargie	PC PK	CT ST	PG



Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN AP BV CS DO EP* HE ME MI PM PT TH TY	BP CP	
	Tolérance CA CR CY ES MH* NO PS PZ RY SO TC	AX EK EL FR PO	SA TP
Tolérance élargie	CT PA PC PG PK ST	MR	EC



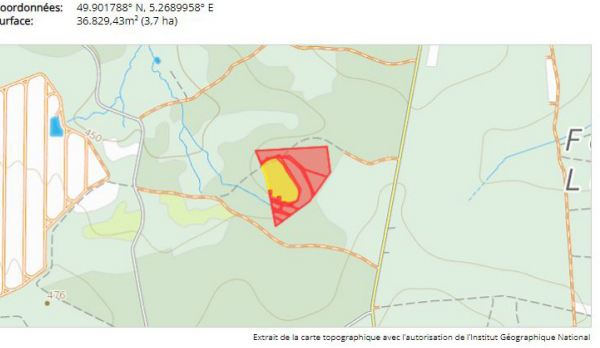
Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN AP BV CS DO EP* HE* ME MI TY	BP PM TH	CP PT
	Tolérance CR MH* NO PS SO	AX CA CY EK RY	ES TC
Tolérance élargie	PC PK	CT ST	PG



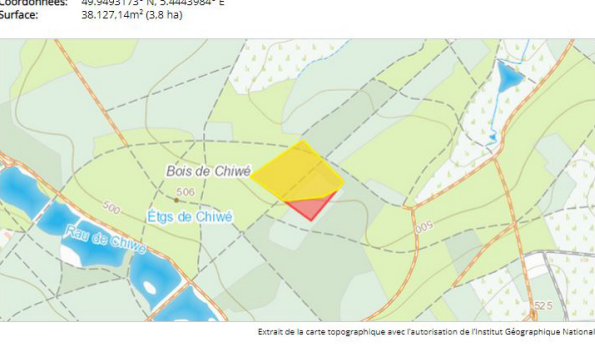
Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN AP BV CR CS CY DO EP* ES HE ME MI NO PM PS PT SO ST* TC TH TY	AX BP CP EL PO	TP
	Tolérance CA CD CT MH* PA PC PK PZ RY TU	EK ER MR	EC SA
Tolérance élargie	PG	JH IN	



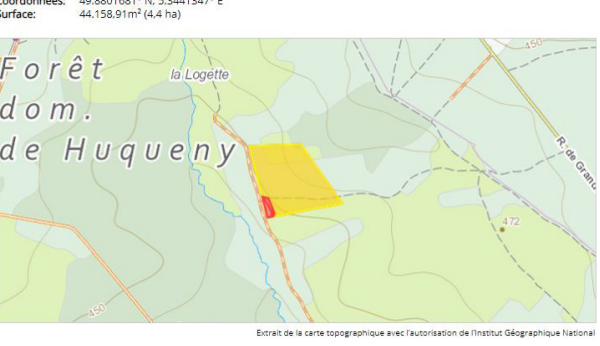
Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN BP BV DO EK EP* HE* ME MI TY	PM TH	PT
	Tolérance AP CS MH* NO	CY	CP ES
Tolérance élargie	AX CR PS SO	CA	TC



Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN BV CR CS DO EP* HE* ME NO PS SO TY	AP CY MI PM ST* TH	BP CP ES PT TC
	Tolérance CD PC PK	CA CT MH* RY TU	
Tolérance élargie			PG

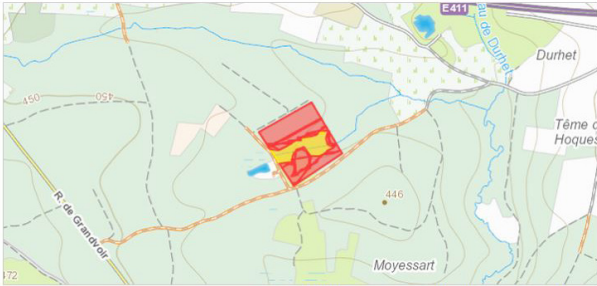


Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN AP BV CS DO EP* HE ME MI PM PT TH TY	BP CP	
	Tolérance CA CR CY ES MH* NO PS PZ RY SO TC	AX EK EL FR PO	SA TP
Tolérance élargie	CT PA PC PG PK ST	MR	EC



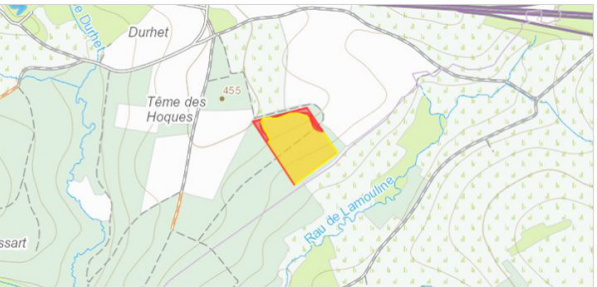
Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique		
	Optimum	Tolérance	Tolérance élargie
	Optimum AG AN AP BV CR CS CY DO EP* ES HE ME MI NO PM PS PT SO ST* TC TH TY	AX BP CP EL PO	TP
	Tolérance CA CD CT MH* PA PC PK PZ RY TU	EK ER MR	EC SA
Tolérance élargie	PG	JH IN	

Coordonnées: 49.8825968° N, 5.3667256° E
Surface: 37.662,49m² (3,8 ha)



Extrait de la carte topographique avec l'autorisation de l'Institut Géographique National

Coordonnées: 49.88172° N, 5.3846556° E
Surface: 35.059,19m² (3,5 ha)



Extrait de la carte topographique avec l'autorisation de l'Institut Géographique National

Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique								
	Optimum			Tolérance			Tolérance élargie		
	AX	BP	BV	CP	CS	EL	ES		
	TH		PS	PT	MI	SO			
Tolérance	EK		FR	PZ*		CA	EC		
			SA						
Tolérance élargie			PG			JN			

Aptitude climatique	Aptitude hydro-trophique								
	Optimum			Tolérance			Tolérance élargie		
	AG	AN	AP	BV	CR				
	CS	CY	DO	EP	ES	AX	BP	CP	
Tolérance	HE	ME	MI	NO	PM	EL	PO		TP
	PS	PT	SO	ST*	TC				
Tolérance élargie	CA	CD	CT	MI*		EK	FR		EC
	PA	PK	PK	PZ		MR			SA
	RY	TU							
			PG			JH	JN		

Abréviations des essences

AG - Sapin pectiné	MH - Mélèze hybride
AN - Sapin noble	MJ - Mélèze du Japon
AP - Sapin pectiné	MR - Merisier
AX - Aulne glutineux	NO - Sapin de Nordmann
BP - Bouleau pubescent	PA - Pin noir d'Autriche
BV - Bouleau verruqueux	PC - Pin laricio de Corse
CA - Charme	PG - Peuplier grisard
CD - Cèdre de l'Atlas	PK - Pin de Koekelare
CP - Chêne pédonculé	PM - Pommier sauvage
CR - Chêne rouge d'Amérique	PO - Poirier sauvage
CS - Chêne sessile	PS - Pin sylvestre
CT - Châtaignier	PT - Peuplier tremble
CY - Cyprès de Lawson	PY - Peuplier noir hybride
DO - Douglas	PZ - Peuplier baumier
EC - Erable champêtre	RO - Robinier
EK - Epicea de Sitka	RY - Caryers
EL - Erable plane	SA - Saule blanc
EP - Epicéa commun	SO - Sorbier des oiseleurs
ES - Erable sycomore	ST - Alisier torminal
FR - Frêne	TH - Thuya géant
HE - Hêtre	TH - Thuya géant
JH - Noyer hybride	TP - Tilleul à grandes feuilles
JN - Noyer noir	TU - Tulipier de Virginie
JR - Noyer commun	TY - Tsuga hétérophylle
ME - Mélèze d'Europe	

	Moyenne	Essence	FICHE 1	FICHE 2	FICHE 3	FICHE 4	FICHE 5	FICHE 6	FICHE 7	FICHE 8	FICHE 9	FICHE 10
AG	2,7	Sapin pectiné	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
AN	2,7	Sapin noble	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
AP	2,5	Sapin pectiné	3	3	2	3	3	3	2	3	0	3
BV	2,9	Bouleau verruqueux	3	3	3	3	3	3	3	2		3
CS	2,7	Chêne sessile	3	3	2	3	3	3	3	3	1	3
DO	2,7	Douglas	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
EP	2,7	Epicéa commun	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
HE	2,7	Hêtre	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
ME	2,7	Mélèze d'Europe	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
MJ	2,7	Mélèze du Japon	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3
TY	2,7	Tsuga hétérophylle	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
BP	2,1	Bouleau pubescent	2	2	3	2	2	2	1	2	3	2
PM	2	Pommier sauvage	2	2	2	0	3	3	2	3	0	3
TH	2,6	Thuya géant	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3
CR	2,1	Chêne rouge d'Amérique	2	2	1	2	2	3	3	3	0	3
MH	1,8	Mélèze hybride	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2
NO	2,2	Sapin de Nordmann	2	2	2	2	2	3	3	3	0	3
PS	2,3	Pin sylvestre	2	2	1	2	2	3	3	3	2	3
SO	2,2	Sorbier des oiseleurs	2	2	1	2	2	3	3	3	1	3
AX	1,8	Aulne glutineux	2	2	1	2	2	2	0	2	3	2
CA	1,8	Charme	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2
CY	1,8	Cyprès de Lawson	2	2	2	2	2	3	2	0	0	3
EK	1,9	Epicea de Sitka	2	2	3	2	2	2	0	2	2	2
RY	1,6	Caryers	2	2	0	2	2	2	2	2	0	2
CP	1,6	Chêne pédonculé	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2
PT	2,1	Peuplier tremble	1	1	1	3	3	3	1	3	2	3
ES	1,8	Erable sycomore	1	1	1	2	2	3	1	3	1	3
TC	1,7	Tilleul à petites feuilles	1	1	1	2	2	3	1	3	0	3
PG	0,9	Peuplier grisard	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
PC	1,2	Pin laricio de Corse	1	1	0	1	1	2	2	2	0	2
PK	1,2	Pin de Koekelare	1	1	0	1	1	2	2	2	0	2
CT	1,2	Châtaignier	1	1	0	1	1	2	2	2	0	2
ST	1,5	Alisier torminal	1	1	0	1	1	3	2	3	0	3
PZ	1,2	Peuplier baumier	0	0	0	2	2	2	0	2	2	2
EL	1,1	Erable plane	0	0	0	2	2	2	0	2	1	2
FR	1,2	Frêne	0	0	0	2	2	2	0	2	2	2
PO	1	Poirier sauvage	0	0	0	2	2	2	0	2	0	2
SA	0,7	Saule blanc	0	0	0	1	1	1	0	1	2	1
TP	0,5	Tilleul à grandes feuilles	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1
PA	0,8	Pin noir d'Autriche	0	0	0	1	1	2	0	2	0	2
MR	0,8	Merisier	0	0	0	1	1	2	0	2	0	2
EC	0,6	Erable champêtre	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
CD	0,8	Cèdre de l'Atlas	0	0	0	0	0	2	2	2	0	2
TU	0,8	Tulipier de Virginie	0	0	0	0	0	2	2	2	0	2
JH	0,3	Noyer hybride	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
JN	0,4	Noyer noir	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1

Essences présentes de libramont		
Forte présence	Moyenne présence	Faible présence
Sapin pectiné	Pommier sauvage	Peuplier grisard
Sapin noble	Mélèze hybride	Poirier sauvage
Sapin pectiné	Aulne glutineux	Saule blanc
Bouleau verruqueux	Charme	Tilleul à grandes feuilles
Chêne sessile	Cyprès de Lawson	Pin noir d'Autriche
Douglas	Epicea de Sitka	Merisier
Epicéa commun	Caryers	Erable champêtre
Hêtre	Chêne pédonculé	Cèdre de l'Atlas
Mélèze d'Europe	Erable sycomore	Tulipier de Virginie
Mélèze du Japon	Tilleul à petites feuilles	Noyer hybride
Tsuga hétérophylle	Pin laricio de Corse	Noyer noir
Bouleau pubescent	Pin de Koekelare	
Thuya géant	Châtaignier	
Chêne rouge d'Amérique	Alisier torminal	
Sapin de Nordmann	Peuplier baumier	
Pin sylvestre	Erable plane	
Sorbier des oiseleurs	Frêne	
Peuplier tremble		

Les essences de feuillus de libramont		
Forte présence	Moyenne présence	Faible présence
Hêtre	Chêne pédonculé	Peuplier grisard
Chêne sessile	Frêne	Poirier sauvage
Chêne rouge d'Amérique	Erable sycomore	Saule blanc
Bouleau verruqueux	Erable plane	Tilleul à grandes feuilles
Bouleau pubescent	Charme	Merisier
Sorbier des oiseleurs	Peuplier baumier	Erable champêtre
Peuplier tremble	Aulne glutineux	Cèdre de l'Atlas
	Tilleul à petites feuilles	Tulipier de Virginie
	Cyprès de Lawson	Noyer hybride
	Caryers	Noyer noir
	Pommier sauvage	
	Châtaignier	
	Alisier torminal	

